Beiträge zur Kenntnis des Einflusses, den Veränderungen des Atemmediums auf den Atmungsvorgang der Fische ausüben

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der veterinär-medizinischen Doktorwürde

der

Tierärztlichen Fakultät

der Ludwigs-Maximilians-Universität München

Vorgelegt von

Tierarzt **Hans Schmidt**

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

BERLIN

Verlag von Gebrüder Borntraeger

W 35 Schöneberger Ufer 12a

1922

Gedruckt bei A. W. Hayn's Erben, Potsdam

Da die Atmung bei den meisten Tieren mit einem äußerlich sichtbaren Vorgang einhergeht, so kann dieser direkt als Gradmesser für das jeweilige Befinden des Tieres angesehen werden. Besonders sinnfällig ist dies bei den Fischen der Fall, bei denen der Rhythmus und die Frequenz der Kiemendeckelbewegungen gut zu beobachten sind und leicht durch Zählungen festgestellt werden können.

Die Kiemen der Fische stellen auf knöchernen Bögen stehende Schleimhautfalten dar, an denen vorbei ständig ein durch die Maulhöhle ein- und durch die Kiemenhöhle austretender Wasserstrom getrieben wird. — Die Frage, welche Kräfte den Gasaustausch in den Kiemen zustande bringen, ist bis jetzt noch nicht geklärt. Bei normalem Zustand der Fische ist die Sauerstoffausnutzung um so geringer, je größer die Sauerstoffzufuhr ist, welch letztere wiederum von dem Sauerstoffgehalt des Wassers und von seiner Durchflußgeschwindigkeit abhängt. Um nun in der Frage, wie der Atmungsmechanismus zustande kommt und durch welche Faktoren eine Beeinflussung derselben erfolgt, Klarheit zu schaffen, nahm bereits eine Reihe von älteren Forschern zahlreiche Untersuchungen vor, so Schönlein, Willem, Ishihara, Bethe, van Rynberk, Baglioni, Kniper. Diejenigen, die sich zuerst eingehender mit den Atembewegungen befaßten, waren Duncan und Hoppe-Seyler. Auf Grund angestellter Versuche kamen sie zu dem Resultat, daß ungenügende Lüftung dyspnoische Erscheinungen, nämlich Steigerung der Frequenz und Vertiefungen der Atmung zur Folge hatten. In Übereinstimmung mit Hoppe-Seyler stellte fernerhin Westerlund fest, daß gewisse Veränderungen des Atmungsmediums Abweichungen in der Respirationsaktivität hervorrufen; so verursacht z. B. Sauerstoffmangel eine Zunahme, Sauerstoffreichtum eine Abnahme derselben. Dagegen kam Westerlund bezüglich des Einflusses, den Kohlensäureanhäufung ausübt, zu einem falschen Resultat, indem er behauptet, daß Kohlensäure keine Zunahme der Respirationsaktivität bedinge. Die einwandfreie Klärung dieser Frage brachte Reuß durch seine Untersuchungen, die er als erster an freischwimmenden Fischen anstellte. Deren Ergebnis kann dahin zusammengefaßt werden: Die bei allen seinen Versuchen beobachtete, durch erhöhte Frequenz und Vertiefung der Atmung sich kennzeichnende Dyspnoe ist als Kohlensäurewirkung anzusprechen und Kohlensäure ist für Fische ebenso tödlich wie für die höheren Wirbeltiere.

Mit Rücksicht auf die ständige Vermehrung von Fabriken ist es nun eine Frage von hoher wirtschaftlicher Bedeutung, Aufschluß darüber zu erhalten, in welchem Maße gewisse Abwässer von Industriebetrieben, wie sie Haselhoff zusammenstellt, für die Fischzucht gefährlich sind. Demzufolge nahm Weigelt eine Reihe von Untersuchungen nach dieser Richtung hin vor.

In neuerer Zeit prüfte Haempel die Schädlichkeit von Schwefelsäure bei verschiedenen Temperaturen. Er kam dabei zu dem Ergebnis, daß sie für Fische ein heftiges Gift ist, daß anderseits die Widerstandsfähigkeit der Fische mit sinkender Temperatur steigt, weil dieselben hierbei imstande sind, mehr Säure abzustumpfen.

Weitgehende Untersuchungen haben ferner Steinmann und Surbeck angestellt, um für die praktische Beurteilung der fischereilichen Schädlichkeit bestimmter Abwässer Grundlagen zu schaffen, die späterhin dann auch Anhaltspunkte geben sollen für zweckdienliche Vorschriften zur Unschädlichmachung derartiger Abwässer. Zusammenfassend ist das Ergebnis ihrer Arbeiten: Teerbestandteile und Teergemische verschiedener Art wirken auf Fische außerordentlich giftig. Weiterhin sei hier noch der Untersuchungen bezüglich Temperaturmaxima für Binnenfische von Frenzel Erwähnung getan.

Der Zweck meiner Untersuchung war, zu beobachten, in welcher Art und Weise sich der Einfluß von Verunreinigungen industrieller Abwässer, sowie sonstiger Veränderungen des Atemmediums auf den Atmungsvorgang selber geltend macht.

Da ja in den meisten Fällen von akuten Vergiftungen ein spezifischer Nachweis derselben ausgeschlossen ist, weil durch Säuren, Alkalien sowie Metallsalze das feine zarte Kiemenepithel sehr rasch zerstört wird, so dürfte es immerhin eine gewisse praktische Bedeutung haben, die Möglichkeit zu besitzen, an Hand der festgestellten Atmungsstörungen einen Rückschluß auf die Ursache machen zu können.

Die Versuche wurden angestellt mit freischwimmenden Karpfen, Schleien, Forellen und Hechten. Verwendet wurde bei fast allen Versuchen Münchener Leitungswasser, das sehr kalkreich ist. Der Alkalitätsgrad wurde durch Titrieren mit $^1/_{10}$ Normal-Schwefelsäure bestimmt; als Indikator wurde Methylorange benutzt und immer auf Rosa titriert. In Verwendung kam für Sauerstoffbestimmung die Methode von Winkler, für Kohlensäure nach Möglichkeit die von Trillich. Wurden nun im Verlaufe eines Versuches, der auf mehrere Stunden ausgedehnt werden mußte, eine starke Sauerstoffabnahme oder vermehrte Kohlensäureanhäufung festgestellt, so erfolgte eine Durchlüftung mit Sauerstoff- oder Stickstoffgas. Um sicher zu sein, daß nur gesunde Fische verwendet wurden, ging jedem Versuch eine längere Beobachtung derselben im Aufenthaltsbecken voraus. Mit der Untersuchung selbst wurde erst dann begonnen, wenn vollständige Beruhigung des Fisches im Versuchsbecken eingetreten war, d. h. wenn die Atembewegungen sowohl bezüglich Frequenz wie Tiefe normal waren. Das Hauptaugenmerk wurde auf den Rhythmus und die

Frequenz der Atembewegung gerichtet, daneben wurde jedoch auch dem übrigen Verhalten des Fisches genaue Beachtung geschenkt.

Die im Verlauf der Versuche beobachteten Erscheinungen seien ihrer Natur nach hier in Kürze angegeben, um bei Anführung der Protokolle auf dieselben verweisen zu können.

Bezüglich der Bewegungsarten wurde unterschieden zwischen „Unruhe", „große Unruhe", „unruhigem und ruhigem Schwimmen", „Stehen im Wasser", „Stehen über dem Boden" und „Ruhen auf dem Boden", wobei die Flossen auf den Boden „gestützt" werden.

Unter „Flossenspiel" ist ein mehr oder weniger unruhiges Bewegen der Flossen, hauptsächlich der Brustflossen, zu verstehen, ohne daß dabei der Fisch seinen Standplatz im Wasser verändert.

Mit „Dyspnoe" ist nach Reuß in Analogie mit den höheren Wirbeltieren, die abnorm erhöhte Atmung bezeichnet, bei der sowohl Frequenz, wie Tiefe weit über die Norm gestiegen sind. Insbesondere kann bei den Fischen während der Dyspnoe die Bewegung der Kiemendeckel, die unter normalen Verhältnissen oft kaum sichtbar ist, sehr intensiv werden und das Maul, das normalerweise wenigstens bei einzelnen Fischarten sich kaum öffnet, wird bei dyspnoischen Zuständen weit aufgerissen und vollführt eigenartige schöpfende Bewegungen, wodurch eine relativ größere Wassermenge den Kiemen zugeführt werden kann.

Die sogenannten „Schüttel- und Speibewegungen", wie sie von Reuß beobachtet wurden, bei denen sich der Fisch mit weit aufgesperrtem Maul schüttelnd nach rückwärts bewegt, treten dann auf, wenn durch Reizung der Kiemenschleimhaut ein größeres Unbehagen bedingt wird. Damit geht meist ein wirkliches Erbrechen einher, ganz ähnlich verhält es sich mit den „Fluchtbewegungen", wobei der Fisch unruhig im Versuchsbecken auf und ab steigt, anscheinend nach einem Ausweg trachtet und aus dem Wasser zu springen versucht.

Beim „Taumeln" verliert der Fisch das Gleichgewicht. Er neigt sich dabei bald nach rechts, bald nach links, bis er ständig die Rücken- und Seitenlage einnimmt. Nach Reuß kann dieselbe mit Recht als Vergiftungssymptom zentralen Ursprungs aufgefaßt werden.

Die „Notatmung" ist eine besondere Art der Atmung, bei der der Fisch an der Oberfläche Luft in sein Maul aufnimmt und das Wasser durch kräftige Atembewegungen an den Luftblasen vorbei den Kiemen zutreibt. In kurzen Zwischenräumen wird die Luft durch das Maul entleert und neu ersetzt. Häufig kann man diese Erscheinung in Karpfenteichen beobachten, in denen Sauerstoffmangel eingetreten ist. Früher glaubte man, daß bei diesem Vorgang der Sauerstoff der Luft direkt von den Kiemen aufgenommen wird. Winterstein ist es nun vor kurzer Zeit gelungen, den Beweis zu erbringen, daß die Luft in der Maulhöhle verbleibt, also gar nicht mit der Kiemenoberfläche in Berührung kommt und nur durch die innige Berührung mit dem Atemwasser wirksam wird.

Die „Husten- oder Expulsivbewegungen" sind zu beobachten, wenn Schleimfetzen oder Fremdkörper, die mit dem Atemwasser eingesogen werden, einen Reiz auf der Kiemenschleimhaut hervorrufen. Hierbei wird das Wasser unter

kräftigem Bewegen der Kiemendeckel und des Maules mit großer Kraft durch die Kiemenspalte oder den Mund ausgetrieben. Die einzelnen Fischarten zeigen in diesem Punkt ein sehr verschiedenes Verhalten. So treten die Hustenbewegungen bei den Forellen sehr leicht auf, während dieselben bei Schleien höchst selten zu beobachten sind.

Der „Augenstellungsreflex" besteht darin, daß bei einem aus dem Wasser genommenen Fisch das Auge den Bewegungen des Körpers um die Längsachse nicht folgt, sondern eine derartige Stellung beibehält, daß die Sehachse immer horizontale Richtung einnimmt. Ist nun der Augenstellungsreflex erloschen, so folgt das Auge den Bewegungen des Körpers.

Versuche mit Schwefelsäure: Der Gehalt an freier, also wirksamer Säure wurde durch Titrieren mit $^1/_{10}$ Normal-Kaliumhydroxyd bestimmt. Dabei entsprach 1 ccm der verbrauchten Titerflüssigkeit 0,004 g Anhydrid SO_3.

Zur Entfernung der bei dem Neutralisationsvorgang aus dem $CaCO_3$-haltigen Leitungswasser freiwerdenden Kohlensäure erfolgte eine längere kräftige Durchlüftung mit Stickstoffgas.

1. Versuch: Karpfen; Gewicht 440 g.

1 Zeit	2 Temp. °C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 SO_3 mg/l	6 Atmungs-frequenz	7 Bemerkungen
8^{66}	10,5	7,5	5		35	Ins Versuchsbecken gebracht.
8^{15}					34	Schwimmt etwas unruhig umher, Atmung vertieft.
8^{45}					30	Ruht am Boden.
9^{00}				30	33	Beginn des Versuches, ruht am Boden, Augenstellungsreflex vorhanden, Atmung gleichmäßig, regelmäßig normale Tiefe.
9^{10}	9,5				31	Keine Veränderung.
9^{30}				46	31	Keine Veränderung, ruht am Boden.
9^{45}				55	33	Atmung regelmäßig, gleichmäßig, Maul nur wenig geöffnet, führt einige Schwimmbewegungen aus.
10^{00}				60	35	Unruhe, macht öfters raschere Schwimmbewegungen, Atmung mäßig vertieft, leicht unregelmäßig, ungleichmäßig.
10^{15}					36	Ruht am Boden, Ungleichmäßigkeit der Atmung stärker ausgeprägt, einzelne Atembewegungen werden sehr tief ausgeführt.
10^{20}					36	Atmung an Tiefe zugenommen, ungleichmäßig, unregelmäßig.
10^{25}					37	Ruht am Boden, Atmung an Tiefe zugenommen, ungleichmäßig, unregelmäßig.
10^{45}					38	Keine Veränderung.
11^{00}				76	39	Unruhe, Maul 4 mm weit geöffnet, einzelne Atembewegungen werden mit großer Kraft ausgeführt.
11^{15}					39	Ruht am Boden nur für wenige Sekunden, Schwimmbewegungen werden häufiger.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 SO_3 mg/l	6 Atmungs-frequenz	7 Bemerkungen
11^{20}					39	Dyspnoe, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig, Augenstellungsreflex noch vorhanden.
11^{30}					41	Heftige Zuckungen am ganzen Körper, Atmung sehr ungleichmäßig, unregelmäßig, Dyspnoe.
11^{40}					41	Ruht am Boden für wenige Sekunden, alsdann unruhige Schwimmbewegungen.
11^{50}					41	Keine Veränderung.
12^{00}				88	42	Unruhe, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig, Dyspnoe, Notatmung.
12^{15}					45	Dyspnoe, die Kiemendeckel werden ruckweise abgehoben.
12^{30}					47	Steht im Wasser mit leichtem Flossenspiel, Schleimabsonderung zu beobachten.
12^{35}	11,4	6,2			50	Zuckungen am ganzen Körper, starke Dyspnoe, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig.
12^{40}					54	Unruhe, schwimmt mehrmals unruhig umher, Ruhestellung wird nur selten und für wenige Sekunden eingenommen.
12^{45}					50	Starke Dyspnoe, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig, meist rasche Schwimmbewegungen.
1^{00}					48	Atmung oberflächlich.
1^{10}					44	Neigt sich zur Seite, richtet sich alsbald wieder auf, Schwimmbewegungen seltener und träger.
1^{20}				100	40	Atembewegungen werden zunehmend schwächer, meist Ruhestellung am Boden, Seitenlage, richtet sich wieder empor.
1^{30}	12	5,9		100	38	Kostet Mühe, das Gleichgewicht zu erhalten, Atmung oberflächlich, schwach, Maul nur wenig geöffnet, Kiemendeckel kaum sichtbar abgehoben, die gesamte Oberfläche sehr blaß.
1^{35}					36	Seitenlage, vermag sich nicht mehr aufzurichten, unempfindlich gegen mechanische Einwirkung, Augenstellungsreflex erloschen, apatisch.
1^{37}						Versuch unterbrochen.

Bei einem Säuregehalt bis 60 mg kann die Atmung, sowie das übrige Verhalten als vollständig normal bezeichnet werden. Erst von da an tritt eine allmählich zunehmende Steigerung der Frequenz, sowie Vertiefung der Atmung ein, verbunden mit leichten Störungen im Rhythmus. Dyspnoischer Charakter zeigt sich erst von 76 mg an. Nachdem die Frequenz eine nicht sehr beträchtliche Höhe erreicht hat, ist ein verhältnismäßig rasches Absinken derselben zu beobachten im Verein mit einem merklichen Flacherwerden der Atembewegungen. Die ersten Erscheinungen von Gleichgewichtsstörungen als Anzeichen der bald einsetzenden Narkose treten bei 96 mg zutage. Die Körperoberfläche, sowie die Kiemen sind stark mit Schleim bedeckt. Im Laufe des folgenden

Tages ist der Karpfen verendet. Die Zerlegung ergab keinen abnormalen Befund, nur die Kiemen waren gequollen und stark verblaßt.

2. Versuch: Hecht; Gewicht 120 g.

1 Zeit	2 Temp. °C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 SO_3 mg/l	6 Atmungsfrequenz	7 Bemerkungen
8^{00}	9	7,8	9		31	Ins Versuchsbecken gebracht. Steht im Wasser mit leichtem Spiel der Brust- und Rückenflossen; Atmung regelmäßig, gleichmäßig, Augenstellungsreflex deutlich vorhanden.
8^{15}					28	Keine Veränderung.
8^{30}					28	Keine Veränderung.
8^{45}	9			30	29	Beginn des Versuches, Atmung gleichmäßig, regelmäßig, steht ruhig im Wasser, mit leichtem Flossenspiel, Maul kaum sichtbar geöffnet.
9^{00}					29	Keine Veränderung.
9^{10}				40	30	Macht einige ruhige Schwimmbewegungen, alsdann Ruhestellung.
9^{25}	9,5			50	33	Unruhe, steigt einige Male auf und ab, beruhigt sich alsbald wieder, Atmung normal.
9^{30}					34	Keine Veränderung.
9^{40}		7,1			34	Atmung unwesentlich vertieft, gleichmäßig, regelmäßig, abwechselnd einige kurze Schwimmbewegungen, meist Ruhestellung.
10^{00}						Keine Veränderung.
10^{20}				72	35	Atmung an Tiefe zugenommen, Speireflexe, leichte Unruhe, steigt auf und ab.
10^{30}					38	Steigt zur Wasseroberfläche empor, Notatmung, kehrt alsbald zur Wasseratmung zurück, leichte Unruhe, Zuckungen am ganzen Körper.
10^{35}					40	Atmung leicht unregelmäßig, einzelne Atembewegungen werden sehr tief ausgeführt.
10^{40}					40	Speireflex, vorübergehend starke Unruhe, versucht aus dem Wasser zu springen, Zuckungen am ganzen Körper, stößt dabei mit dem Kopf gegen die Beckenwand.
11^{10}					38	Atmung wesentlich vertieft, Kiemenboden beträchtlich vorgewölbt, Kiemendeckel stark abgehoben, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig, Speireflex.
11^{20}					38	Dyspnoe, sehr ungleichmäßig, Unruhe, versucht aus dem Wasser zu springen, Notatmung, Speireflex, verliert die horizontale Haltung, wobei Kopf an der Wasseroberfläche, Schwanzende tief ist.
11^{40}					37	Dyspnoe.
12^{00}				88	36	Allgemeine Ermattung, steht in schiefer Haltung im Wasser, Brustflossen regungslos zur Seite gestellt, die Bauchflossen am Körper angelehnt.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 SO_3 mg/l	6 Atmungs-frequenz	7 Bemerkungen
12^{20}					36	Atmung weiterhin vertieft, gleichmäßig, regelmäßig, starke Schleimabsonderung sichtbar, Oberfläche verblaßt.
12^{25}	10,5				35	Schiefe Haltung. Speireflexe mehrmals.
12^{35}					33	Starke Unruhe, krampfhafte Zuckungen am ganzen Körper, Notatmung, reagiert nur schwach auf mechanische Einwirkung, Atmung sehr angestrengt, Kiemenboden weit vorgewölbt, schiefe Haltung.
12^{45}					33	Notatmung, in derselben Haltung wie bisher.
12^{50}					31	Atmung nimmt an Tiefe zusehends ab, nach fünf Atembewegungen Speireflex, schiefe Haltung ohne Flossenspiel, Brustflosse zur Seite gestellt, Bauchflosse dem Körper angelegt.
1^{00}					30	Atembewegungen kaum sichtbar, Seitenlage, schnellt vorwärts, richtet sich wieder empor, starke Unruhe, einzelne Atembewegungen sehr krampfhaft, darauf ganz schwache Notatmung ohne Flossenspiel, Oberfläche stark verblaßt, Augenstellungsreflex erloschen.
1^{15}					28	Taumelbewegungen, kommt der senkrechten Haltung immer näher, Zuckungen am ganzen Körper, kaum mehr sichtbare Atembewegungen mehr, Hustenreflex.
1^{20}	11	6,8			27	Seitenlage, sehr starke Unruhe, versucht, aus dem Wasser zu springen, Seitenlage, unempfindlich gegen mechanische Einwirkungen.
1^{22}						Versuch abgebrochen.

Auch hier kann bis zu 60 mg Säuregehalt, abgesehen von der geringgradigen Frequenzsteigerung von einer wesentlichen Beeinflussung der Atmung nicht gesprochen werden. Erst von 72 mg an ist eine allmählich zunehmende Vertiefung der Atmung verbunden mit Unregelmäßigkeit und Ungleichmäßigkeit derselben zu beobachten. Zugleich treten Unruheerscheinungen auf, die, wenn auch nur vorübergehend, mitunter sehr heftig sind. Bei 88 mg Säuregehalt machen sich bereits deutliche Ermattungszeichen bemerkbar, bestehend in der schiefen Körperhaltung sowie in dem Fehlen jeglichen Flossenspiels. Gegen Ende des Versuches wird die Atmung sehr oberflächlich und die Frequenz sinkt unter die Norm. Nach Ablauf von zwei Tagen erfolgte der Tod. Auch hier zeigten die Kiemen dieselbe Beschaffenheit wie bei Versuch 1. Die Zerlegung ergab keinerlei abnormen Befund.

3. Versuch: Schleie; Gewicht 60 g.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 SO_3 mg/l	6 Atmungs-frequenz	7 Bemerkungen
8^{00}	11	7,4	5		25	Ins Versuchsbecken gebracht.
8^{40}					23	Steht ruhig im Wasser ohne Flossenspiel, Atmung gleichmäßig, regelmäßig, Maul kaum sichtbar geöffnet. Augenstellungsreflex deutlich vorhanden.
9^{00}				24	23	Beginn des Versuches, steht regungslos im Wasser.
9^{15}				33	23	Keinerlei Veränderung, Atmung regelmäßig, gleichmäßig, von normaler Tiefe.
9^{30}				46	23	Macht einige kurze ruhige Schwimmbewegungen.
9^{35}					23	Keine Veränderung.
9^{40}				58	23	Atmung regelmäßig, gleichmäßig, von normaler Tiefe.
10^{00}				68	23	Apnoe, alsdann rasch aufeinander folgende oberflächliche Atembewegungen, steht ruhig im Wasser ohne Flossenspiel.
10^{15}				86	20	Apnoe häufiger sichtbar.
10^{25}		6,8		96	25	Leichte Unruhe, macht einige Schwimmbewegungen, beruhigt sich alsbald wieder, leichte Unruhe, Speireflexe.
10^{40}				120	24	Apnoe häufiger, alsdann einige rasche tiefere Atembewegungen.
10^{50}				148	18	Keine Veränderung, ruht am Boden.
11^{00}	11,8			164	15	Keine Veränderung.
11^{15}				184	16	Apnoe, darauf einige tiefe Atembewegungen.
11^{25}				208	19	Keine Veränderung, Schleimabsonderung zu beobachten.
11^{35}				222	24	Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig, einzelne Atembewegungen werden sehr tief ausgeführt, Hustenreflex, Unruhe, steigt rasch auf und ab.
11^{40}				232	28	Starke Unruhe, beruhigt sich sogleich wieder.
11^{42}					28	Unruhe länger andauernd, macht rasche Schwimmbewegungen, Dyspnoe.
11^{45}					29	Ruht am Boden, Kiemenboden vorgewölbt, Maul 3 mm weit geöffnet, Unruhe, starke Schleimabsonderung, Körperoberfläche verblaßt.
11^{55}				245	30	Starke Unruhe, sucht nach Ausweg, einzelne Atembewegungen werden mit großer Kraft ausgeführt.
12^{00}				256	29	Sehr große Unruhe, Speireflexe, Atmung stark dyspnoisch, sehr ungleichmäßig, unregelmäßig.
12^{10}					28	Taumelbewegungen, richtet sich wieder rasch empor, Augenstellungsreflex erloschen, gelingt nur schwer, die Gleichgewichtslage zu gewinnen.
12^{20}					20	Taumelbewegungen, Seitenlage, richtet sich vorübergehend empor, schwache, oberflächliche Atembewegung, heftige Unruhe, schnellt plötzlich vorwärts.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 SO_3 mg/l	6 Atmungs-frequenz	7 Bemerkungen
12^{30}	12,5	5,9			18	Vermag sich nicht mehr aufzurichten, ständig Seitenlage, nur vereinzelt schwache Atembewegungen sichtbar.
12^{31}						Versuch abgebrochen.

Dieser Versuch zeigt besonders deutlich die große Widerstandsfähigkeit der Schleie gegenüber Schwefelsäure. Ursächlich dürfte dies unter Umständen mit dem eigenartigen Verhalten der Schleie in Verbindung zu bringen sein, das in dem häufigen Auftreten von Apnoen in die Erscheinung tritt. Erst bei 222 mg Säuregehalt zeigen sich die ersten Unruheerscheinungen, verbunden mit geringer Ungleichmäßigkeit und Unregelmäßigkeit der Atmung. Ausgesprochen dyspnoisch wird die Atmung erst bei dem höchsten Säuregehalt. Wie bei den übrigen Versuchen trat auch hier eine sehr starke Schleimbildung auf, und zwar schon zu einer Zeit, wo eine merkliche Beeinflussung noch nicht gegeben war. Bis zum nächsten Morgen waren die Schleie tot.

4. Versuch: Forelle; Gewicht 25 g.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 SO_3 mg/l	6 Atmungs-frequenz	7 Bemerkungen
9^{00}	12	6,9	7		71	Ins Versuchsbecken gebracht; Atmung etwas vertieft, gleichmäßig, regelmäßig, macht einige unruhige rasche Schwimmbewegungen mit lebhaftem Flossenspiel.
9^{20}					62	Ruht am Boden.
9^{30}					58	Atmung gleichmäßig, regelmäßig, von normaler Tiefe, Augenstellungsreflex deutlich.
9^{45}	12			20	57	Beginn des Versuches, ruht am Boden, Atmung gleichmäßig, regelmäßig, von normaler Tiefe.
10^{00}				30	58	Keine Veränderung.
10^{10}					58	Keine Veränderung.
10^{25}				40	68	Unruhe, steigt rasch auf und ab, mehrmals Speireflexe, beruhigt sich alsbald wieder, Atmung vertieft.
10^{35}					71	Wie vorher.
10^{50}				50	75	Unruhe, sucht aus dem Wasser zu springen, beruhigt sich alsbald wieder, Atmung an Tiefe zugenommen, regelmäßig, gleichmäßig.
11^{00}					76	Ruht am Boden.

1 Zeit	2 Temp. °C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 SO_3 mg/l	6 Atmungs-frequenz	7 Bemerkungen
11^{20}				65	80	Unruhe, versucht aus dem Wasser zu springen, steigt rasch auf und ab, Speireflexe mehrmals hintereinander, Dyspnoe, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig, Schleimabsonderung zu beobachten.
11^{35}				70	95	Starke Dyspnoe, Kiemenboden weit vorgewölbt, Kiemendeckel stark abgehoben, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig.
11^{50}	13	6,1		80	120	Große Unruhe, versucht aus dem Wasser zu springen, Taumelbewegungen, starke Dyspnoe, schnellt plötzlich empor, gewinnt die normale Lage wieder.
12^{10}				80	126	Große Unruhe, Zuckungen am ganzen Körper, Taumelbewegungen, nur noch vereinzelt sehr ungleichmäßige, unregelmäßige Atembewegungen sichtbar.
12^{25}				92		Große Unruhe, beruhigt sich nicht mehr, Drehbewegungen, Zuckungen am ganzen Körper, Seitenlage, gelingt nicht mehr, die Gleichgewichtslage zu gewinnen, Augenstellungsreflex erloschen, Atembewegungen nicht mehr sichtbar.
12^{27}	13	6				Versuch unterbrochen.

Die ersten Störungen treten bei 40 mg Säuregehalt in Form einer Vertiefung der Atmung, Erhöhung der Frequenz, sowie leichter Unruhe auf. Insbesondere nimmt die letztere im Verlauf des Versuchs sehr rasch zu. Gleichfalls ist eine ständige Zunahme der Atmungstiefe zu beobachten, so daß bei 65 mg im Liter neben Ungleichmäßigkeit und Unregelmäßigkeit der Atmung ausgesprochene Dyspnoe besteht. Die Zahl der Atembewegungen erreichte mit 126 wenige Minuten vor Schluß des Versuches ihren Höhepunkt. Im Laufe desselben Tages trat der Tod ein.

Besonders hervorstechende Erscheinungen, die als charakteristisch für die Schwefelsäurewirkung auf die Atmung, sowie das Allgemeinbefinden der Fische betrachtet werden könnten, wurden bei den vorangegangenen Versuchen nicht festgestellt. Es war bei den einzelnen Fischgruppen immer derselbe Symptomenkomplex gegeben, Erhöhung der Frequenz, Vertiefung der Atmung, verbunden mit später einsetzender Ungleichmäßigkeit und Unregelmäßigkeit derselben. Damit ging in der Regel das Auftreten von mehr oder weniger heftiger Unruhe einher. Eine Bestätigung der Untersuchungsresultate von Haempel brachten die Versuche insofern, als aus denselben hervorgeht, daß ein Säuregehalt von unter 100 mg im Liter nur eine chronische Schädlichkeit bedingt.

Versuche mit Salzsäure.

Der Gehalt an freier Säure wurde durch Titrieren mit $^1/_{10}$ Normal-Kaliumhydroxyd bestimmt.

5. Versuch: Karpfen; Gewicht 440 g.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 HCl mg/l	6 Atmungs-frequenz	7 Bemerkungen
8^{00}	9	7,8	8		36	Ins Versuchsbecken gebracht; leichte Unruhe, schwimmt umher.
8^{15}					34	Ruht am Boden, Brustflossen seitwärts gestellt, Bauchflossen an den Körper angelegt.
8^{30}					31	Hat sich beruhigt, Atmung gleichmäßig, regelmäßig.
9^{00}				30	35	Beginn des Versuches, schwimmt ruhig umher, kehrt alsbald zur Ruhestellung zurück, Atmung gleichmäßig, regelmäßig.
9^{15}					33	Keine Veränderung, ständig Ruhestellung am Boden.
9^{25}				45	32	Atmung gleichmäßig, Maul nur wenig geöffnet.
9^{30}					32	Keine Veränderung.
9^{45}				57	35	Leichte Unruhe, Atmung geringgradig vertieft, Kiemendeckel stärker abgehoben.
9^{55}					37	Atmung leicht, ungleichmäßig, unruhige Schwimmbewegungen.
10^{00}					38	Apnoe, darauf drei tiefe Atembewegungen, Ruhestellung am Boden.
10^{05}					36	Unruhe, Atmung stärker, ungleichmäßig, einzelne Atembewegungen sehr tief ausgeführt, steigt mehrmals rasch auf und ab, beruhigt sich alsbald wieder.
10^{10}					35	Speireflex, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig, Ruhestellung wechselt ab mit unruhigen Schwimmbewegungen, Schleimabsonderung zu beobachten.
10^{20}	9,5	7,2			35	Keine Veränderung.
10^{30}				72	35	Unruhe, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig, Ruhestellung.
10^{35}					34	Atmung an Tiefe zugenommen, ungleichmäßig, unregelmäßig, Augenstellungsreflex deutlich vorhanden.
10^{45}				72	35	Keine Veränderung.
11^{00}					34	Atmung an Tiefe zugenommen, ungleichmäßig, unregelmäßig.
11^{10}					34	Legt sich zur Seite, richtet sich wieder empor, fällt auf die andere Seite, gewinnt das Gleichgewicht wieder, steigt einigemale rasch auf und ab, Körperoberfläche stark verblaßt.
11^{25}					34	Unruhe, Zuckungen am ganzen Körper, große Unruhe, darauf Apnoe für 2 Sekunden.
11^{35}					34	Große Unruhe, versucht aus dem Wasser zu springen, Dyspnoe, Maul 5 mm weit geöffnet, Kiemendeckel ruckweise abgehoben.
11^{45}					35	Keine Veränderung.
11^{55}				82	40	Unruhe, Atmung sehr tief, Maul weit aufgesperrt.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 HCl mg/l	6 Atmungsfrequenz	7 Bemerkungen
12^{00}	10				43	Unruhe, Seitenlage, richtet sich nur vorübergehend auf, Atmung wird sichtlich schwächer und oberflächlicher, unregelmäßig, ungleichmäßig.
12^{10}					45	Seitenlage, taumelt vorwärts, ohne sich aufzurichten, kein Flossenspiel, Augenstellungs- und Hustenreflex erloschen, Atembewegungen kaum noch sichtbar.
12^{20}					43	Richtet sich vorübergehend auf, schwimmt eine kurze Strecke, sogleich wieder Seitenlage, reagiert nur schwach auf mechanische Reize.
12^{23}					42	Große Unruhe, versucht aus dem Wasser zuspringen. Notatmung, Seitenlage ohne jegliches Flossenspiel.
12^{30}					42	Kaum sichtbare, schwache Atembewegungen.
12^{35}					40	Seitenlage, apathisch, Augenstellungsreflex erloschen.
12^{57}	10,5	6				Versuch abgebrochen.

Bereits bei 57 mg Säure im Liter treten die ersten Störungen in Form einer Vertiefung der Atmung neben Ungleichmäßigkeit und Unregelmäßigkeit derselben, sowie Unruhe auf, die rasch zunimmt. Ausgesprochen dyspnoische Erscheinungen treten bei 72 mg auf. Die Atemfrequenz zeigt nur eine ganz allmähliche Steigerung: mit 45 erreicht dieselbe wenige Minuten vor dem Abbrechen des Versuchs ihren Höhepunkt. Der Karpfen stirbt 10 Minuten nach Einsetzen in Leitungswasser. Die ganze Körperoberfläche, sowie die Kiemen waren stark mit Schleim bedeckt, die letzteren außerdem verblaßt.

6. Versuch: Hecht; Gewicht 45 g.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 HCl mg/l	6 Atmungsfrequenz	7 Bemerkungen
8^{15}	9	7,5	8,5		38	Ins Versuchsbecken gebracht, steht im Wasser mit ruhigem Spiel von Brust- und Rückenflossen.
8^{30}					38	Atmung regelmäßig, gleichmäßig, von normaler Tiefe.
8^{45}					38	Keine Veränderung.
9^{00}				25	38	Beginn des Versuches, macht einige unruhige Schwimmbewegungen, steigt mehrmals auf und ab, beruhigt sich alsbald.
9^{25}				40	38	Ruhestellung im Wasser, Atmung gleichmäßig, regelmäßig, von normaler Tiefe.
9^{35}					38	Keine Veränderung.

1 Zeit	2 Temp. °C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 HCl mg/r	6 Atmungs-frequenz	7 Bemerkungen
9^{50}				56	43	Unruhe, Speireflex, leichte Zuckungen des ganzen Körpers, Atmung vertieft, regelmäßig, gleichmäßig.
9^{55}					41	Speireflexe.
10^{00}					39	Atmung an Tiefe zugenommen, Speireflex, Notatmung.
10^{15}					35	Keine Veränderung.
10^{20}					35	Unruhe, sucht aus dem Wasser zu springen, heftige Zuckungen am ganzen Körper, eine Atembewegung sehr tief ausgeführt.
10^{25}					36	Atmung weiterhin vertieft, Kiemenboden stark vorgewölbt, Dyspnoe, schiefe Körperhaltung, leichtes Spiel von Brust- und Rückenflossen, heftige Unruhe, versucht aus dem Wasser zu springen.
10^{30}		7,0		72	35	Notatmung, Speireflex, heftige Unruhe, Dyspnoe, schiefe Körperhaltung.
10^{45}					35	Dyspnoe verstärkt, Schleimabsonderung, Körperoberfläche verblaßt.
10^{50}					36	Unruhe, steigt rasch auf und ab, sucht nach Ausweg
11^{00}	10					Starke Dyspnoe, allgemeine Ermattung eingetreten, Haltung beinahe senkrecht.
11^{20}				92	37	Notatmung, Atmung ungleichmäßig, schwaches Flossenspiel, leichte Zuckungen am ganzen Körper.
11^{30}					39	Unruhe, macht einige Schwimmbewegungen.
11^{40}					40	Speireflex, heftige Zuckungen, reagiert nur schwach auf Berührung.
11^{50}					40	Notatmung, Speireflex, große Unruhe, versucht aus dem Wasser zu springen, senkrechte Körperhaltung.
12^{00}				97,8	43	Notatmung, Speireflex, Taumelbewegung, schnellt empor.
12^{10}					47	Heftige Unruhe, Zuckungen am ganzen Körper, Augenstellungsreflex kaum zu beobachten, sehr starke Dyspnoe.
12^{15}					40	Apnoe, alsdann krampfhafte Atembewegungen, springt plötzlich empor, steht senkrecht ohne Flossenspiel, Notatmung.
12^{20}					35	Atembewegungen schwach und oberflächlich.
12^{25}	11	6,4			30	Unruhe, Taumelbewegungen, Atembewegungen kaum sichtbar, apatisch, reagiert nicht mehr auf mechanischen Reiz, Augenstellungsreflex erloschen.
12^{26}						Versuch abgebrochen.

Hier tritt besonders die Unruhe in Erscheinung, die vorerst geringgradig, bei allmählicher Steigerung gegen Ende des Versuches äußerst heftig ist. Die Atemfrequenz läßt erst im Verlauf der dritten Untersuchungsstunde einen

mäßigen Anstieg von 38 auf 47 erkennen, worauf ein verhältnismäßig rascher Abfall bis unter die Norm eintritt. Bei 56 mg Säure im Liter macht sich eine deutliche Vertiefung der Atmung bemerkbar, die weiterhin ständig zunimmt, unregelmäßig und ungleichmäßig wird, bis sie schließlich nach Ablauf einer weiteren Stunde einen ausgesprochen dyspnoischen Charakter erreicht. Wenige Minuten vor Schluß des Versuches ist gleichzeitig mit beginnender Frequenzerniedrigung ein rasches Flacherwerden der Atmung zu beobachten. Der Hecht verendet noch am selben Nachmittag.

7. Versuch: Schleie; Gewicht 65 g.

1	2	3	4	5	6	7
Zeit	Temp. °C	O_2 ccm/l	freie CO_2 mg/l	HCl mg/l	Atmungsfrequenz	Bemerkungen
8^{15}	13	7	6,2		25	Ins Versuchsbecken gebracht, Atmung gleichmäßig, regelmäßig.
8^{40}					23	Ruht am Boden. Keine Veränderung.
9^{20}				18	23	Beginn des Versuches, ruht am Boden ohne Flossenspiel.
9^{38}				36	23	Keine Veränderung.
9^{46}					23	Atmung regelmäßig, gleichmäßig, Augenstellungsreflex deutlich vorhanden.
9^{55}					23	Keine Veränderung.
10^{07}				60	23	Ruhestellung am Boden, Atmung gleichmäßig, regelmäßig, normale Tiefe.
10^{15}						Keinerlei Veränderungen, Speireflexe.
10^{20}				86		Keine Veränderung.
10^{30}				108	25	Atmung geringgradig vertieft, regelmäßig, gleichmäßig.
10^{35}					26	Macht einige ruhige Schwimmbewegungen.
10^{45}					26	Speireflexe, schwimmt auf und ab.
10^{55}				144	29	Leichte Unruhe, beruhigt sich alsbald wieder.
11^{00}		6,3			29	Keine Veränderung.
11^{10}					29	Wie bisher
11^{18}					28	Steigt an die Oberfläche, nimmt alsbald Ruhestellung ein.
11^{25}				154	27	Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig, vermehrt tief.
11^{35}				158	30	Ruhestellung, Dyspnoe.
11^{43}					31	Speireflexe, wobei Schleimklumpen herausbefördert werden.
11^{45}				165	32	Leichte Unruhe, steigt rasch auf und ab, Speireflex, Dyspnoe.
11^{50}					30	Unruhe, sucht empor zu springen, einige sehr tiefe Atembewegungen, darauf Stillstand für einige Sekunden.
11^{55}	13,5				25	Speireflexe, ständig starke Dyspnoe. Keine Veränderung.

1 Zeit	2 Temp. °C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 HCl mg/l	6 Atmungs-frequenz	7 Bemerkungen
12^{00}					23	Atembewegungen sichtlich schwächer und oberflächlicher, Maul kaum geöffnet, Kiemendeckel nur schwach bewegt, schiefe Körperhaltung, wobei Kopf hoch, Schwanzteil tief gestellt ist, ohne Flossenspiel, reagiert nur schwach auf mechanischen Reiz.
12^{10}					22	Heftige Speireflexe, Atembewegungen oberflächlich, ungleichmäßig, unregelmäßig, Taumelbewegungen, Unruhe, versucht aus dem Wasser zu springen.
12^{13}					18	Starke Unruhe, beruhigt sich vorübergehend, Atmung sehr ungleichmäßig, sehr unregelmäßig, Apnoe häufiger, alsdann vermehrt tiefe Atembewegungen, vermag nur vorübergehend die Normallage zu gewinnen.
12^{15}						Augenstellungs- sowie Hustenreflex erloschen, apatisch, Taumelbewegungen, nur vereinzelt kaum sichtbare Atembewegungen zu beobachten.
12^{20}	14	5,5		160		Versuch abgebrochen.

In der ersten Versuchsstunde sind noch keinerlei Erscheinungen eines störenden Einflusses zu beobachten. Erst bei einem Säuregehalt von 108 mg im Liter zeigt die Atmung eine geringgradige Vertiefung, die stetig zunimmt bis bei 158 mg der dyspnoische Charakter ausgeprägt ist. Wenige Minuten vor Einstellung der Untersuchung wird die Atmung oberflächlich. Die Frequenz zeigt während des ganzen Versuches nur eine unwesentliche Steigerung von 25 auf 32, fällt dann ab bis unter die Norm. Die Unruheerscheinungen treten nur in größeren Abständen auf und sind nie von großer Intensität. Dagegen kann auch hier wieder des öfteren ein sich auf mehrere Sekunden erstreckender Atemstillstand beobachtet werden. Am zweiten Tage zeigte sich an der ganzen Bauchseite eine diffuse Röte, die Zahl der Atembewegungen war noch erhöht. Im Verlauf des dritten Tages trat der Tod ein.

8. Versuch: Forelle; Gewicht 20 g.

1 Zeit	2 Temp. °C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 HCl mg/l	6 Atmungs-frequenz	7 Bemerkungen
9^{30}	13	6,8	6		72	Ins Versuchsbecken gebracht, Atmung mäßig vertieft, ungleichmäßig, unregelmäßig, schwimmt mehrmals rasch hin und her.
9^{45}					65	Steht ruhig im Wasser mit Spiel von Brust- und Rückenflossen, Atmung von normaler Tiefe, gleichmäßig, regelmäßig, Augenstellungsreflex deutlich vorhanden.
10^{20}					57	Keine Veränderung.
10^{25}				25	57	Beginn des Versuches, ruht am Boden, Atmung normal tief, gleichmäßig, regelmäßig.
10^{35}					58	Keine Veränderung.
10^{45}				30	57	Ruhestellung.
					58	Wie bisher.
11^{00}				39	60	Atmung regelmäßig, gleichmäßig, normal tief.
11^{15}					59	Keine Veränderung.
11^{20}					58	Wie bisher.
11^{25}				45	59	Atmung regelmäßig, gleichmäßig, normal tief.
11^{30}					59	Keine Veränderung.
11^{45}		6,1		55	62	Atmung vertieft, gleichmäßig, regelmäßig, Unruhe, beruhigt sich sogleich wieder, Schleimabsonderung sichtbar.
11^{50}	13,5				78	Atmung weiterhin vertieft, Dyspnoe, Wechsel zwischen Schwimmbewegung und Ruhestellung.
12^{00}					81	Dyspnoe, Unruhe.
12^{10}					86	Große Unruhe, versucht aus dem Wasser zu springen, starke Dyspnoe, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig.
12^{20}					94	Wie bisher.
12^{25}				70	108	Große Unruhe, beruhigt sich nur für wenige Sekunden, Speireflex, mehrmals.
12^{35}					118	Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig, starke Dyspnoe, versucht ständig aus dem Wasser zu springen.
12^{45}					123	Wie vorher.
12^{50}				78	125	Große Unruhe, schnellt blitzartig empor, Seitenlage, richtet sich für wenige Sekunden auf, Atmung oberflächlich, schwach.
					115	Taumelbewegungen, gewinnt die Gleichgewichtslage nicht mehr, reagiert nicht mehr auf mechanische Reize, Augenstellungsreflex erloschen.
1^{00}	14	5,9				Versuch abgebrochen. Fisch in Leitungswasser zurückgebracht.

Als unterste Grenze eines störenden Einflusses dürfte hier ein Säuregehalt von 55 mg im Liter zu betrachten sein. Neben einer einsetzenden Frequenzsteigerung besteht eine zunächst noch geringgradige Vertiefung der Atmung,

welch letztere sehr rasch zunimmt, so daß nach Verlauf von weiteren 30 Minuten Dyspnoe besteht. Unruhe macht sich gleichfalls zuerst bei 55 mg bemerkbar, die insbesondere gegen Schluß der Untersuchung äußerst heftig wird. Der Tod trat einige Stunden später ein.

Abweichende von den bei Schwefelsäure-Einwirkung bereits festgestellten Erscheinungen konnten hier nicht beobachtet werden; dagegen waren einzelne derselben stärker ausgeprägt. Die von Weigelt gemachte Angabe, daß von den starken Säuren die leicht flüchtigen sehr schädlich sind, fand durch diese Versuche Bestätigung.

Versuche mit Kalkhydrat.

Da das Münchener Leitungswasser viel Calciumbikarbonat enthält, so ist viel Calciumhydroxyd erforderlich, um eine Steigerung der Alkalität zu erreichen. Infolgedessen wird abgekühltes Wasser aus dem Kessel der Dampfheizung verwendet, da in demselben auf Grund des durchgemachten Erhitzungsprozesses nur wenig Calciumbikarbonat sich mehr in Lösung vorfindet und somit das zugesetzte Kalkhydrat von ihm nicht mehr verbraucht wird.

Die Bestimmung des freien, also wirksamen Kalkhydrates erfolgte durch Titrieren mit $^1/_{10}$ Normal-Salzsäure.

Vor Beginn des Versuches, sowie nach Zugabe von Calciumhydrat wurde die Alkalität nach der beschriebenen Art und Weise festgestellt. Die Differenz der beiden Resultate ergab dann die Menge des für die Untersuchung in Betracht kommenden freien Kalkhydrates.

Während der folgenden Versuche wurde längere Zeit mit Sauerstoffgas durchlüftet. Eine Ansammlung von freier Kohlensäure war unmöglich, da dieselbe von Kalkhydrat gebunden wurde.

9. Versuch mit Kalciumhydrat bei Karpfen; Gewicht 450 g.

2	2	3	4	5	6	7
Zeit	Temp. ° C	O_2 ccm/l	freie CO_2 mg/l	$Ca(OH)_2$ mg/l	Atmungsfrequenz	Bemerkungen
8^{00}	12	7,0	7,5		42	Ins Versuchsbecken gebracht, ruht am Boden, Brustflossen zur Seite gestellt, Bauch- und Rückenflossen dem Körper angelegt.
8^{20}					39	Atmung gleichmäßig, regelmäßig, von normaler Tiefe, Augenstellungsreflex deutlich.
8^{45}					38	Keine Veränderung.
9^{00}				50	38	Beginn des Versuches. Ruhestellung am Boden.
9^{15}					39	Atmung normal.
9^{20}				60	38	Keine Veränderung.
9^{30}					38	Keine Veränderung.
9^{45}				79	40	Ruht am Boden, Atmung gleichmäßig, regelmäßig, mehrmals kurze Schwimmbewegungen.
10^{00}					43	In derselben Ruhestellung wie bisher, Atmung vertieft, ungleichmäßig, unregelmäßig.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 $Ca(OH)^2$ mg/l	6 Atmungs-frequenz	7 Bemerkungen
10^{15}					45	Keine Veränderung.
10^{20}				92	48	Atmung vertieft.
10^{30}					50	Atmung weiterhin an Tiefe zunehmend, ungleichmäßig, unregelmäßig, Ruhestellung am Boden.
10^{50}					52	Keine Veränderung. Atmung vertieft, Maul 6 mm weit geöffnet, Kiemendeckel 3—4 mm weit abgehoben, ruht am Boden.
11^{20}				114	53	Dyspnoe, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig, keine Veränderung.
11^{50}				129	53	Atmung unregelmäßig, ungleichmäßig, Augenstellungsreflex deutlich.
12^{10}	13			148	53	Meist Ruhestellung am Boden.
12^{30}				170	55	Unruhe, schwimmt rasch hin und her, beruhigt sich alsbald wieder.
12^{45}		5,7			63	Dyspnoe.
12^{50}					66	Unruhe, Atmung dyspnoisch, ungleichmäßig, unregelmäßig.
1^{00}					70	Starke Schleimabsonderung, Dyspnoe, Kiemendeckel ruckweise abgehoben.
1^{05}				185	73	Dyspnoe verstärkt, einzelne Atembewegungen werden sehr krampfhaft ausgeführt, die folgenden sind von mäßiger Tiefe, Schwimmbewegungen erfolgen häufiger und sind von längerer Dauer.
1^{15}					61	Speireflexe, wobei Schleimklumpen aus dem Maul ausgestoßen werden.
1^{20}					57	Starke Dyspnoe, Atmung sehr ungleichmäßig, unregelmäßig, Maul weit geöffnet, Augenstellungsreflex schwach, leichte Schwankungen.
1^{25}				190	49	Atmung oberflächlich, Speireflex, reagiert nur schwach auf mechanischen Reiz.
1^{40}					45	Große Unruhe, sucht zu entfliehen, Atembewegungen sehr oberflächlich, häufig Speireflex.
1^{45}	13,5	5,3			37	Große Unruhe, versucht aus dem Wasser zu springen, Seitenlage, gelingt nur vorübergehend das Gleichgewicht zu gewinnen, Augenstellungsreflex erloschen, Atembewegungen nicht mehr sichtbar.
1^{49}						Versuch abgebrochen und Fisch in Leitungswasser gebracht.

Als erstes Zeichen eines störenden Einflusses macht sich eine schon bei 79 mg per Liter Calciumhydratgehalt einsetzende geringgradige Frequenzerhöhung bemerkbar, die zunimmt und bei 185 mg ihren Höhepunkt erreicht. Von da an erfolgt innerhalb 40 Minuten ein rascher Abstieg bis unter die Norm. Der Atmungsrhythmus zeigt nach einstündiger Versuchsdauer neben Ungleichmäßigkeit und Unregelmäßigkeit eine wesentliche Vertiefung der Atmung, die stetig zunimmt, so daß nach Ablauf von weiteren 50 Minuten dyspnoischer Charakter

besteht, der in gesteigerter Form bis zu dem wenige Minuten vor Schluß der Untersuchung erfolgenden Eintritt der Narkose anhält. Die auftretenden Unruheerscheinungen sind leichter Natur und äußern sich in häufiger Ausführung von rascheren Schwimmbewegungen. Erst gegen Schluß werden mehrmals deutliche Fluchtbewegungen festgestellt. Der Karpfen zeigte nach 3 Tagen wieder vollständig normales Verhalten.

10. Versuch mit Calciumhydrat bei Hecht; Gewicht 125 g.

1	2	3	4	5	6	7
Zeit	Temp. °C	O_2 ccm/l	freie CO_2 mg/l	$Ca(OH)_2$ mg/l	Atmungsfrequenz	Bemerkungen
10^{30}	11	7,3	7		33	Ins Versuchsbecken gebracht, Atmung gleichmäßig, regelmäßig, steht im Wasser mit ruhigem Spiel von Brust- und Rückenflossen, Augenstellungsreflex deutlich.
11^{00}					31	Keine Veränderung.
11^{45}					29	Wie bisher.
12^{10}	11,5	7		37	29	Beginn des Versuches, Ruhestellung im Wasser, Maul- und Kiemendeckel kaum sichtbar bewegt.
12^{20}					29	Atmung vollständig normal.
12^{35}					29	Keine Veränderung.
12^{50}				55	29	Atmung gleichmäßig, regelmäßig, von normaler Tiefe, Ruhestellung im Wasser.
1^{10}					30	Keine Veränderung.
1^{20}					29	Wie bisher.
1^{30}				74	30	Atmung vertieft, leicht ungleichmäßig, unregelmäßig.
1^{45}					31	Weiterhin an Tiefe zugenommen, Kiemendeckel stärker abgehoben.
1^{50}					31	Ruhestellung.
1^{55}					31	Die Schwimmbewegungen werden häufiger.
2^{00}				95	33	Im Atmungstypus keine Änderung zu beobachten.
2^{20}				119	33	Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig, an Tiefe zugenommen, Dyspnoe.
2^{35}	12,5	6,3			33	Ruhestellung im Wasser mit ruhigem Spiel von Brust- und Rückenflossen, abwechselnd kurze Schwimmbewegungen.
2^{50}				148	35	Steigt mehrmals rasch auf und ab, beruhigt sich alsbald.
3^{05}					37	Leichte Unruhe mit lebhaftem Spiel sämtlicher Flossen, Dyspnoe.
3^{12}					37	Unruhe, Fluchtbewegung, beruhigt sich alsbald, Dyspnoe, Oberfläche stark verblaßt, Schleimabsonderung zu beobachten.
3^{30}					36	Ruhestellung im Wasser, Speireflex.
3^{35}				160	39	Unruhe, steigt rasch auf und ab, Dyspnoe, Speireflexe.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 $Ca(OH)_2$ mg/l	6 Atmungs-frequenz	7 Bemerkungen
3^{45}					40	Ruhestellung im Wasser.
3^{55}				170	40	Dyspnoe, Fluchtbewegungen, beruhigt sich für wenige Sekunden.
4^{05}					40	Speireflex, rasche Schwimmbewegungen, alsdann Ruhestellung für wenige Sekunden.
4^{30}				173	42	Große Unruhe, versucht aus dem Wasser zu springen, starke Dyspnoe.
4^{35}					33	Schüttelbewegungen, Speireflex, Kiemendeckel ruckweise abgehoben.
4^{40}					20	Speireflex, Taumelbewegungen, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig, nur vereinzelt sichtbar, reagiert nur schwach auf mechanischen Reiz.
4^{48}					18	Seitenlage, darauf fast senkrechte Haltung, Augenstellungsreflex erloschen, reagiert nicht mehr auf mechanischen Reiz.
4^{50}	12	5,5				Versuch abgebrochen, Fisch in Leitungswasser gesetzt.

Neben der unwesentlichen Erhöhung der Frequenz, die sich bei 74 mg im Liter Calciumhydratgehalt zeigt, geht eine geringgradige, mit Unregelmäßigkeit und Ungleichmäßigkeit verbundene Vertiefung der Atmung einher. Letztere nimmt im Verlauf des Versuches noch weiterhin zu, so daß schließlich bei 148 mg dyspnoischer Charakter ausgeprägt ist, der bis gegen Ende der Untersuchung besteht. Den Höhepunkt erreicht die Zahl der Atembewegungen bei 173 mg, worauf ein rasches Absinken bis unter die Norm erfolgt. Die anfänglich nur unmerklichen Unruheerscheinungen nehmen an Intensität und Häufigkeit des Auftretens allmählich zu und sind insbesondere kurz vor Eintritt der Narkose äußerst heftig. Auch Speireflexe treten auf. Einen Tag später ist der Hecht verendet, die Kiemen sind verblaßt, gequollen und mit Kalkteilchen übersät.

11. Versuch mit Calciumhydrat bei Schleie; Gewicht 65 g.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 $Ca(OG)_3$ mg°l	6 Atmungs-frequenz	7 Bemerkungen
2^{00}	13	5,8	6		26	Ins Versuchsbecken gebracht, Ruhestellung am Boden ohne Flossenspiel, Atmung gleichmäßig, regelmäßig.
2^{20}					25	Keine Veränderung.
2^{30}					24	Atmung normal, Augenstellungsreflex deutlich.
3^{00}				30	24	Beginn des Versuches, Atmung gleichmäßig, regelmäßig, von normaler Tiefe, Ruhestellung am Boden, ohne Flossenspiel.

1	2	3	4	5	6	7
Zeit	Temp. ° C	O_2 ccm/l	freie CO_2 mg/l	$Ca(ON)_2$ mg/l	Atmungs-frequenz	Bemerkungen
3^{15}					24	Keine Veränderung.
3^{23}					24	Wie bisher.
3^{45}	13.7				24	Atmung normal.
4^{00}				43	58	Unruhe, versucht aus dem Wasser zu springen, dabei sehr tiefe, ungleichmäßige, unregelmäßige Atembewegungen.
4^{10}					38	Ruhestellung.
4^{12}					39	Atmung vertieft, jedoch regelmäßig, gleichmäßig.
4^{20}					39	Dyspnoe, gleichmäßig, regelmäßig, Ruhestellung am Boden, ohne Flossenspiel.
4^{23}					36	Dyspnoe, Kiemenboden deutlich vorgewölbt, Kiemendeckel stark abgehoben.
4^{25}				57	35	Keine Veränderung gegen vorher.
4^{45}					35	Dyspnoe, Atmung regelmäßig, gleichmäßig, Ruhestellung am Boden.
4^{50}		6,3		69	45	Große Unruhe, versucht aus dem Wasser zu springen, Dyspnoe, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig.
4^{52}					33	Ruhestellung am Boden ohne Flossenspiel, Dyspnoe, regelmäßig, gleichmäßig.
5^{20}				90	32	Dyspnoe, keine Veränderung.
5^{45}				124	35	Wie bisher.
5^{55}				145	43	Dyspnoe verstärkt.
6^{20}				164	55	Große Unruhe, Fluchtbewegung, starke Dyspnoe, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig.
6^{35}					58	Große Unruhe, Fluchtbewegung, krampfartige Zuckungen am ganzen Körper, starke Dyspnoe.
6^{56}					65	Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig.
7^{00}					63	Heftige Unruhe, vorübergehend Ruhestellung am Boden, alsdann Seitenlage, richtet sich wieder empor, Atmung oberflächlich, ungleichmäßig, unregelmäßig.
7^{10}		6,5			35	Seitenlage für längere Zeit, richtet sich wieder empor, Ruhestellung, Atmung oberflächlich, häufig Apnoe.
7^{15}					26	Wie bisher.
7^{20}				180	26	Ruhestellung am Boden ohne Flossenspiel, Atmung sehr ungleichmäßig, unregelmäßig, reagiert nur schwach auf mechanische Einwirkung.
7^{35}					25	Seitenlage, äußerst schwache, kaum sichtbare Atembewegungen.
7^{45}				190	24	Ruhestellung am Boden, Augenstellungsreflex undeutlich, reagiert nicht mehr auf mechanische Einwirkung.
7^{55}	14				17	Seitenlage, nur vereinzelte Atembewegungen, völlig apatisch, Augenstellungsreflex erloschen.
						Versuch abgebrochen, Fisch in Leitungswasser gesetzt.

An diesem Versuch fallen besonders die Schwankungen bezüglich der Zahl und Rhythmus der Atembewegungen auf. Gleich zu Beginn bei einem Gehalt von 43 $^0/_{000}$ Kalkhydrat konnte ein Emporschnellen der Frequenz im Verein mit eintretender Ungleichmäßigkeit und Unregelmäßigkeit, sowie wesentlicher Vertiefung der Atmung beobachtet werden. Dabei ist die Schleie äußerst unruhig und versucht aus dem Wasser zu springen. Im weiteren Verlauf ist die Atmung durchwegs stark dyspnoisch, ungleichmäßig und unregelmäßig. Nach dreistündiger Versuchsdauer steigt die Zahl der Atembewegungen nochmals sehr beträchtlich, um dann in Intervallen bis unter die Norm zu sinken. Gegen Ende des Versuches traten an der Bauchseite, insbesondere in der Umgebung der Ansatzstellen von Brust- und Bauchflossen hellrote Flecke auf. Am folgenden Tag war die ganze Bauchseite diffus gerötet. Der Tod erfolgte im Verlauf des dritten Tages.

12. Versuch mit Calciumhydrat bei Forelle; Gewicht 60 g.

1 Zeit	2 Temp. °C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 $Ca(OH)_2$ mg/l	6 Atmungs-frequenz	7 Bemerkungen
10^{45}	11,5	7,5	8		75	Ins Versuchsbecken gebracht, Unruhe, steigt mehrmals auf und ab, Atmung vertieft, ungleichmäßig, unregelmäßig, Augenstellungsreflex deutlich vorhanden.
11^{15}					70	Ruhestellung im Wasser, Atmung von normaler Tiefe, gleichmäßig, regelmäßig, lebhaftes Spiel aller Flossen.
11^{45}					65	Keine Veränderung.
12^{15}					57	Atmung normal.
12^{40}				37	57	Beginn des Versuches, Ruhestellung im Wasser, mit Spiel der Flossen.
12^{55}					57	Keine Veränderung.
1^{20}					56	Atmung normal, ruhige Schwimmbewegungen.
1^{35}				55	63	Atmung gleichmäßig, regelmäßig von normaler Tiefe, Hustenreflex, Speireflex.
1^{45}					64	Atmung mäßig vertieft, gleichmäßig, regelmäßig, führt mehrmals kreisförmige Schwimmbewegungen aus, wobei der Kopf tief steht, das Hinterteil hochgehoben ist, Speireflexe mit Erbrechen.
1^{55}	13	6,2		55	65	Ruhestellung im Wasser, mit Spiel von Brust- und Rückenflossen.
2^{10}				65	65	Atmung an Tiefe zugenommen, unregelmäßig, ungleichmäßig, Speireflexe werden häufiger und heftiger, krampfhaftes Zucken am ganzen Körper, kreisförmige, unruhige Schwimmbewegungen ausführend.
2^{20}					68	Atmung wesentlich vertieft, Dyspnoe, Kiemenboden deutlich vorgewölbt, Kiemendeckel stärker abgehoben, Zuckungen am ganzen Körper.

1	2	3	4	5	6	7
Zeit	Temp. ° C	O_2 ccm/l	freie CO_2 mg/l	Ca(OH) mg/l	Atmungs-frequenz	Bemerkungen
2^{30}				74	71	Kreisförmige Bewegungen ausführend, unter krampfhaften Zuckungen des Körpers, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig.
2^{45}					75	Zuckungen am Körper werden heftiger, Atmung sehr ungleichmäßig, unregelmäßig, Schüttelbewegungen, Hustenreflex.
3^{05}					76	Sehr heftige krampfhafte Zuckungen, Dyspnoe, die Flossen werden stark vom Körper abgestreckt.
3^{15}				79	77	Sehr heftige Zuckungen, ständig andauernd sehr starke Dyspnoe.
3^{35}					78	Große Unruhe, starke Dyspnoe, sehr unregelmäßig, ungleichmäßig, einzelne Atembewegungen werden mit großer Kraft ausgeführt.
3^{45}	12,5	5,7			68	Augenstellungsreflex erloschen, Seitenlage, schnellt blitzartig vorwärts, bleibt in Seitenlage mit weit abgehobenen Kiemendeckeln und weit geöffnetem Maul, reagiert nicht mehr auf mechanische Reize.

Verhältnismäßig spät — nach einstündiger Versuchsdauer — ist als erste Störung eine Vertiefung der Atmung wahrzunehmen. Dieselbe nimmt rasch zu und nach weiteren 30 Minuten besteht eine deutliche Dyspnoe zusammen mit Ungleichmäßigkeit und Unregelmäßigkeit, welche eine sehr bedeutende Verstärkung erkennen läßt. Die Frequenz zeigt nur bei 79 mg per Liter einen geringen Anstieg und hält sich im übrigen, von ganz unwesentlichen Schwankungen abgesehen, auf gleicher Höhe. Sehr häufig sind Husten- und Speireflexe, sowie stetig an Intensität zunehmende krampfartige Zuckungen des ganzen Körpers zu beobachten. Desgleichen sind die Unruheerscheinungen insbesondere gegen Schluß der Untersuchung äußerst heftig. Wenige Minuten nach dem Verbringen in Leitungswasser tritt der Tod ein. Die Kiemendeckel sind dem Körper angeschmiegt, das Maul ist weit geöffnet. Die Körperoberfläche ist mit Schleim überzogen. Die Kiemen zeigen starken Kalkbelag.

Bei den Untersuchungen über den Einfluß von Calciumhydrat ist jedoch zu berücksichtigen, daß das verwendete, teilweise entkalkte Wasser noch einen Alkalitätsgrad von 75 mg im Liter zeigte! Im großen und ganzen zeigen die Versuche denselben Symptomenkomplex wie die vorangehenden. Auffallend ist die bei der Schleie am Ende des Versuches auftretende Rotfärbung, sowie die bei Hecht und Forelle beobachtete Mund- und Kiemendeckelstellung, wobei ähnlich wie bei der Kohlensäurevergiftung das Maul weit geöffnet und die Kiemendeckel fest geschlossen sind.

Versuche mit Sauerstoffmangel.

Hierbei wurde folgendermaßen verfahren. Zur Verwendung kam abgekochtes Wasser, das in einem verschließbaren Glasbecken solange mit Sauerstoff durchlüftet wurde, bis ein bestimmter Gehalt erreicht war. Die Verminderung des Sauerstoffs wurde durch die Atmung des Versuchsfisches erreicht. Zwecks Entfernung der sich etwa ansammelnden freien Kohlensäure erfolgte in Abständen Durchlüftung mit Stickstoffgas. Zwecks Bestimmung des Sauerstoffgehaltes wurde der Deckel des Beckens geöffnet, eine Wasserprobe entnommen und alsbald wieder geschlossen.

13. Versuch mit Sauerstoffmangel bei Karpfen; Gewicht 350 g.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 mg/l	4 freie CO_2 mg/l	5 Atmungsfrequenz	6 Bemerkungen
8^{30}	10			33	Im Aufenthaltsbecken beobachtet, Atmung normale Tiefe, gleichmäßig, regelmäßig, Ruhestellung am Boden, Augenstellungsreflex deutlich.
8^{45}				34	Keine Veränderung.
9^{20}				33	Wie vorher.
9^{45}	12	5,0	2	40	Ins Versuchsbecken gebracht, macht rasche Schwimmbewegungen, steigt mehrmals auf und ab, beruhigt sich alsbald, Atmung mäßig vertieft, ungleichmäßig, unregelmäßig.
10^{00}				38	Ruhestellung am Boden, Atmung normale Tiefe, gleichmäßig, regelmäßig.
10^{20}				39	Keine Veränderung.
10^{45}				39	Meist Ruhestellung am Boden, nur selten Schwimmbewegungen.
11^{00}				37	Keine Veränderung.
11^{30}				39	Wie vorher.
11^{45}	13	4,4		40	Atmung an Tiefe zugenommen, steht im Wasser, mit leichtem Flossenspiel.
12^{00}				41	Ruhestellung.
12^{20}				42	Atmung weiterhin vertieft, gleichmäßig, regelmäßig.
12^{30}				42	Keine Veränderung, Ruhestellung.
12^{45}				43	Wie vorher.
1^{00}		3,0		43	Wechsel zwischen Ruhestellung am Boden und ruhigen Schwimmbewegungen.
1^{30}				46	Leichte Dyspnoe.
1^{45}				51	Unruhe, Dyspnoe, Maul 1 cm geöffnet.
2^{00}				63	Schwimmbewegungen werden häufiger ausgeführt.
2^{22}	14	2	5	64	Dyspnoe.
2^{35}				65	Starke Dyspnoe, Atmung gleichmäßig, regelmäßig, ruhige Schwimmbewegungen.
2^{45}				68	Speireflexe.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 Atmungs-frequenz	6 Bemerkungen
2^{55}				69	Starke Dyspnoe, Kiemendeckel weit abgehoben, Maul 12 mm weit geöffnet, Ruhestellung im Wasser, mit lebhaftem Flossenspiel.
3^{10}				69	Wie vorher.
3^{20}		1	7	70	Notatmung, Speireflex.
3^{25}				72	Dyspnoe weiterhin verstärkt, Atmung gleichmäßig, regelmäßig.
3^{30}				72	Notatmung, starke Dyspnoe, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig, die Schwimmbewegungen werden zusehends träger.
3^{45}				73	Starke Dyspnoe, Notatmung für 10 Sekunden.
3^{59}	13	0,8	8	73	Ruhestellung im Wasser, Spiel der Brustflossen, Notatmung für 2 Sekunden.
4^{10}				70	Notatmung, Wasseratmung sehr angestrengt.
4^{20}				69	Notatmung für 3 Sekunden.
4^{30}				69	Notatmung für 8 Sekunden, mehrmals Speireflexe.
4^{35}				68	Notatmung für 30 Sekunden, Speireflexe, ständig Auf- und Absteigen, fortwährender Wechsel zwischen Wasser- und Notatmung.
4^{50}				69	Starke Dyspnoe, Maul 16 mm weit geöffnet, Kiemendeckel ruckweise abgehoben, Notatmung, Schwimmbewegungen, immer seltener und träger.
4^{59}	13	0,6	8	69	Andauernd Notatmung 80 Sekunden, zahlreiche Speireflexe, kehrt nur für wenige Sekunden zur Wasseratmung zurück, Augenstellungsreflex deutlich.
5^{20}				67	Ständiger Wechsel zwischen Not- und Wasseratmung.
5^{40}				63	Notatmung, Speireflexe.
5^{55}				63	Wie vorher.
6^{25}	13	0,4	7,5	62	Notatmung 70 Sekunden lang, mit ganz kurzen Unterbrechungen ständig Notatmung, Augenstellungsreflex noch vorhanden.
6^{40}				61	Notatmung.
6^{55}				61	Ständig Notatmung.
7^{00}				61	Notatmung, Speireflexe.
7^{25}				61	Notatmung, Speireflexe, apatisch, reagiert nicht mehr auf mechanische Einwirkungen.
7^{26}					Versuch abgebrochen. Fisch in Leitungswasser gesetzt.

Bei 4,4 ccm Sauerstoff im Liter sind die ersten störenden Wirkungen in geringgradiger Frequenzerhöhung und mäßiger Vertiefung der Atmung zu beobachten. Die erstere steigt im weiteren Verlauf des Versuchs allmählich empor und erreicht bei 0,8 ccm Sauerstoffgehalt den Höhepunkt. Von da an erfolgt ein langsamer Abstieg. Dyspnoischer Charakter ist schon bei 2 ccm

gegeben, der nach Ablauf der folgenden Stunde noch stärker ausgeprägt ist. Hier nun ist zum erstenmal die Notatmung zu beobachten, die anfangs nur vereinzelt, aber mit abnehmendem Sauerstoffgehalt immer häufiger wird, so daß gegen Ende des Versuches ein ständiger Wechsel zwischen Wasser- und Notatmung stattfindet, wobei jedoch die letztere viel häufiger ist als die Normalatmung. Darauf dürfte es wohl auch zurückzuführen sein, daß sich der Karpfen in einem sehr sauerstoffarmen Medium noch längere Zeit aufzuhalten vermag; Unruheerscheinungen treten nicht zutage. Nach Ablauf von 3 Tagen war der Karpfen noch vollständig gesund.

14. Versuch mit Sauerstoffmangel bei Hecht; Gewicht 45 g.

1. Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 Atmungsfrequenz	6 Bemerkungen
8^{30}	11	7,0	8	35	Im Aufenthaltsbecken beobachtet, Atmung von normaler Tiefe, gleichmäßig, regelmäßig, Ruhestellung im Wasser, Spiel von Brust- und Rückenflossen.
8^{45}				33	Keine Veränderung.
9^{00}				33	Wie bisher.
9^{30}	13	4	4	38	Ins Versuchsbecken gebracht, Ruhestellung im Wasser.
10^{00}				37	Keine Veränderung.
10^{30}				38	Atmung von normaler Tiefe, gleichmäßig, regelmäßig.
10^{45}				38	Wie vorher.
11^{10}		3	4,5	39	Atmung gleichmäßig, regelmäßig.
11^{30}				48	Keine Veränderung.
11^{45}				59	Keine Veränderung.
12^{15}		2,6	5	60	Atmung an Tiefe zugenommen, gleichmäßig, regelmäßig, Ruhestellung im Wasser.
12^{30}				60	Atmung weiterhin vertieft.
12^{45}				66	Keine Veränderung.
1^{20}		2	5	66	Dyspnoe.
1^{40}	14			69	Dyspnoe, Kiemenboden weit vorgewölbt, Kiemendeckel stark abgehoben.
1^{55}				70	Starke Dyspnoe.
2^{20}		1,6	6	73	Ruhestellung im Wasser.
3^{00}				68	Keine Veränderung, Unruhe, Ruhestellung im Wasser.
4^{00}				68	Atmung gleichmäßig, regelmäßig.
4^{30}				67	Keine Veränderung.
4^{45}				67	Keine Veränderung.
5^{25}				70	Ruhestellung im Wasser, nur ab und zu Schwimmbewegungen ausführend.
5^{45}				71	Ändert selten seinen Standplatz.
6^{00}		1,2	7	74	Sehr starke Dyspnoe, Ruhestellung im Wasser.
6^{30}				71	Keine Veränderung.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 Atmungs-frequenz	6 Bemerkungen
6^{45}				71	Wie vorher.
7^{00}	13	1,0	8	72	Leichte Unruhe, steigt mehrmals auf und ab, Fluchtbewegung.
7^{15}				83	Große Unruhe, steigt rasch auf und ab, Fluchtbewegung, alsdann tiefe Haltung einnehmend, wobei der Kopf hoch, das Hinterteil tief gehalten wird.
7^{30}		0,9	8,5	85	Starke Dyspnoe, Notatmung, Speireflex, rasche Schwimmbewegung, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig, lebhaftes Spiel sämtlicher Flossen.
7^{45}				88	Große Unruhe, stößt mit dem Kopf gegen die Beckenwand, Fluchtbewegung.
7^{52}		0,8	8,5	92	Apatisch, Speireflex, beinahe in senkrechter Haltung.
9^{00} nächsten Morg.					
		0,55	8	91	Außerordentlich starke Dyspnoe, Atmung gleichmäßig, beinahe senkrechte Haltung.
					Versuch abgebrochen. Fisch in Leitungswasser gesetzt.

Einhergehend mit einer schon frühzeitig einsetzenden, bis zum Ende des Versuches ständig wachsenden Frequenzerhöhung zeigt sich bereits bei 2,6 ccm Sauerstoffgehalt eine anfangs nur mäßige, aber rasch zunehmende Vertiefung der Atmung bis nach Ablauf von weiteren 20 Minuten ausgesprochene Dyspnoe besteht. Notatmung wird nur hin und wieder beobachtet. Die auftretenden Unruheerscheinungen sind nur leichter Natur. Auch für den Hecht ist das Sauerstoffbedürfnis sehr gering, noch nach 14 Stunden befand er sich bei einem Sauerstoffgehalt von weniger als 0,8 ccm am Leben.

15. Versuch mit Sauerstoffmangel bei Schleie; Gewicht 60 g.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 Atmungs-frequenz	6 Bemerkungen
8^{15}	11			22	Im Aufenthaltsbecken beobachtet, Atmung von normaler Tiefe, regelmäßig, gleichmäßig.
9^{00}				22	Keine Veränderung.
9^{25}	12	4,2	4	24	Ins Versuchsbecken gebracht, Atmung gleichmäßig, regelmäßig, Maul und Kiemendeckel kaum sichtbar bewegt, Ruhestellung am Boden.
10^{00}				23	Keine Veränderung.
10^{30}		3,2	4,5	24	Atmung vertieft.

1	2	3	4	5	6
Zeit	Temp. ° C	O_2 ccm/l	freie CO_2 mg/l	Atmungs-frequenz	Bemerkungen
10^{50}				27	Atmung weiterhin an Tiefe zugenommen, gleichmäßig, regelmäßig, Ruhestellung am Boden.
11^{00}				31	Keine Veränderung.
11^{30}		3	4	34	Wie vorher.
11^{45}				36	Atmung weiterhin vertieft, ruhige Schwimmbewegungen.
12^{00}				40	Weiterhin Atmung vertieft.
12^{15}		2,8	5	41	Ruhestellung am Boden.
12^{30}				43	Keine Veränderung.
12^{45}				45	Leichte Dyspnoe, Atmung gleichmäßig, regelmäßig.
1^{30}				50	Dyspnoe, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig.
2^{00}		2,3	6,5	60	Starke Dyspnoe, Maul 6 mm weit geöffnet, Kiemenboden weit vorgewölbt.
2^{30}				66	Ruhestellung am Boden, leichtes Spiel der Brustflossen.
2^{45}				65	Starke Dyspnoe, Atmung sehr ungleichmäßig, unregelmäßig, Kiemendeckel ruckweise abgehoben.
3^{00}		2	6,8	67	Ruhestellung am Boden, ohne Flossenspiel.
3^{30}				66	Wie bisher.
3^{45}				65	Starke Dyspnoe.
3^{55}				65	Keine Veränderung.
4^{00}				66	Keine Veränderung.
4^{20}				66	Dyspnoe weiterhin verstärkt.
4^{30}		1,6	7	68	Atmung sehr angestrengt, ungleichmäßig, unregelmäßig, Augenstellungsreflex deutlich vorhanden.
5^{00}		1,4	7,5	75	Keine Veränderung.
5^{30}					Ständig Ruhestellung am Boden.
6^{00}		1,1	7,8	76	Dyspnoischer Charakter weiterhin erhöht, Kiemendeckel 4 mm weit abgehoben, Maul weit aufgerissen.
6^{30}				79	Atembewegungen äußerst krampfhaft ausgeführt.
7^{00}	13	0,6	8	77	Sehr starke Dyspnoe.
9^{00} nächst. Morg.					Atmung krampfhaft, gleichmäßig, regelmäßig, meist Ruhestellung am Boden.
					Versuch abgebrochen und Fisch in Leitungswasser gesetzt.

Die hierbei auftretenden Erscheinungen sind nicht sehr charakteristisch. Neben einer geringgradigen Vertiefung der Atmung ist schon nach einstündiger Versuchsdauer eine allmählich zunehmende Frequenzsteigerung zu beobachten, die gegen Ende des Versuches den Höhepunkt erreicht. Die Atmung nimmt nach und nach sehr an Tiefe zu und wird insbesondere gegen Schluß krampfhaft ausgeführt. Desgleichen auch ist sie sehr ungleichmäßig und unregelmäßig. Weder Notatmung, noch Unruheerscheinungen sind zu beobachten. Nach 3 Tagen war die Schleie noch gesund.

16. Versuch mit Sauerstoffmangel bei Forelle, Gewicht 25 g.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 Atmungs-frequenz	6 Bemerkungen
8^{30}				71	Im Aufenthaltsbecken beobachtet, Atmung von normaler Tiefe, gleichmäßig, regelmäßig, Augenstellungsreflex deutlich vorhanden.
8^{55}				71	Keine Veränderung.
9^{45}	13	44	9	75	Ins Versuchsbecken gebracht, Atmung gleichmäßig, regelmäßig, etwas vertieft, steigt mehrmals rasch auf und ab mit lebhaftem Spiel sämtlicher Flossen.
10^{35}				73	Ruhestellung im Wasser, Atmung normale Tiefe, gleichmäßig, regelmäßig.
11^{15}		3,2	8,5	73	Keine Veränderung.
11^{50}				77	Atmung gleichmäßig, regelmäßig, von normaler Tiefe, Ruhestellung im Wasser, leichtem Spiel sämtlicher Flossen.
12^{00}				79	Keine Veränderung.
12^{15}		2,8	7	85	Atmung vertieft, regelmäßig, gleichmäßig, Maul 3 mm weit geöffnet, Ruhestellung im Wasser, Spiel der Brust- und Rückenflossen.
12^{30}				89	Keine Veränderung.
12^{45}		2,7	6,5	91	Atmung weiterhin an Tiefe zunehmend, Dyspnoe. Atmung vermehrt tief, regelmäßig, gleichmäßig, starke Dyspnoe.
1^{20}	14			105	Keine Veränderung.
1^{25}				120	Sehr starke Dyspnoe, Atmung regelmäßig, gleichmäßig, Unruhe.
1^{50}				125	Große Unruhe, Fluchtbewegung.
2^{00}				126	Sehr starke Dyspnoe, Kiemendeckel weit abgehoben, Maul 6 mm weit geöffnet.
2^{25}		2,3	7	125	Wie bisher.
2^{35}				123	Dyspnoe verstärkt.
3^{00}				130	Unruhe, sehr starke Dyspnoe, versucht aus dem Wasser zu springen.
3^{15}		2	8	136	Atmung sehr angestrengt, Unruhe, Fluchtbewegung, Speireflex.
3^{20}				135	Große Unruhe, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig, ständig Fluchtbewegungen.
3^{30}				140	Wie vorher.
3^{45}		1,6	7	143	Sehr heftige Dyspnoe, große Unruhe, Fluchtbewegung.
4^{20}				143	Wie vorher.
4^{45}		1,4	7,5	145	Sehr starke Dyspnoe, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig.
4^{55}				145	Wie vorher.
5^{00}				150	Augenstellungsreflex noch vorhanden.
5^{05}				150	Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 Atmungs-frequenz	6 Bemerkungen
5^{10}				150	Dyspnoe weiterhin verstärkt, kommt in schiefe Haltung, wobei Kopf hoch, Hinterteil tief steht.
5^{20}		1	6	150	Atmung sehr angestrengt, schiefe Haltung.
6^{00}				145	Unruhe, versucht aus dem Wasser zu springen.
6^{25}				142	Seitenlage, richtet sich vorübergehend auf.
6^{50}				142	Taumelbewegungen, Seitenlage, gelingt nicht mehr das Gleichgewicht zu gewinnen, schiefe Körperhaltung.
7^{11}	13	0,6	8	140	Schnellt plötzlich vorwärts.
7^{15}				138	Heftige Schleuderbewegungen mit dem Kopf.
7^{20}					Seitenlage, Augenstellungsreflex erloschen.
					Versuch abgebrochen und Fisch in Leitungswasser gesetzt.

Bei 2,8 ccm Sauerstoffgehalt machen sich die ersten Zeichen eines störenden Einflusses bemerkbar. Neben einer zunächst noch geringgradigen, rasch zunehmenden Frequenzsteigerung besteht eine mäßige Vertiefung der Atmung. Nach Verlauf von weiteren 30 Minuten tritt bereits Dyspnoe in Erscheinung, deren Charakter bis zum Abschluß der Untersuchung eine ganz bedeutende Steigerung erfährt. Frühzeitig schon tritt Unruhe auf, die insbesondere gegen Ende des Versuches äußerst heftig wird, wobei die Forelle ständig nach einem Ausweg sucht und hoch emporschnellt. Nach 3 Tagen war die Forelle noch gesund.

Eine gewisse praktische Bedeutung bezüglich Erkennung abnormer biologischer Verhältnisse dürfte die beim Karpfen und Hecht beobachtete sog. Notatmung haben. Wie bereits an früherer Stelle erwähnt wurde, kann dieselbe an Karpfenteichen beobachtet werden, sobald aus irgendeinem Grund Sauerstoffmangel eingetreten ist. Auf diese Weise ist es dem Fisch ermöglicht, auch in einem nicht genügend Sauerstoff enthaltenden Medium noch längere Zeit zu leben.

17. Versuch.

Es lag nun die Frage nahe, wie sich ein erkrankter Fisch dem Sauerstoffmangel gegenüber verhält. Um auch darüber ein Bild zu gewinnen, wurde mit einer 150 g schweren Forelle, die an einer Infektion der Leber durch Triänophorus litt, experimentiert. Das Ergebnis war nun folgendes. Nach zweistündiger Versuchsdauer zeigen sich die ersten Störungen in mäßiger Vertiefung der Atmung, sowie geringgradiger Frequenzsteigerung bei einem Sauerstoffgehalt von 3,6 ccm im Liter und einer Temperatur von 14,5°. Die Tiefe der Atmung nimmt sehr rasch zu, so daß nach weiteren 40 Minuten bereits starke Dyspnoe besteht. Demgegenüber läßt die Zahl der Atembewegungen nur ein ganz langsames und nicht sehr hohes Ansteigen erkennen. Am Ende des Versuches, welcher

nach der unter den üblichen Erscheinungen wie Taumelbewegungen, Seitenlage, Erlöschen des Augenstellungsreflexes eingetretenen Narkose bei einer Gesamtdauer von 3 Stunden zum Abschluß gebracht wird, ergibt sich neben 8,5 mg freier Kohlensäure im Liter ein Sauerstoffgehalt von 2 ccm im Liter. Die Grenze, bei der unter abnormen Verhältnissen noch Lebensmöglichkeit besteht, muß demzufolge wesentlich höher gesetzt werden.

Im Anschluß hieran soll ferner noch ein Versuch erwähnt werden, der angestellt wurde, um zu prüfen, ob bei Fischen, die einige Zeit in einem sauerstoffarmen Medium gehalten werden, eine Vermehrung der roten Blutkörperchen erfolge, nachdem bereits Hoffmeyer ähnliche Untersuchungen vorgenommen hat. Eine größere Anzahl nahezu gleich großer Hechte wurde 3 Wochen lang unter gleichen Bedingungen in einem Aquarium gehalten. Die Hälfte davon wird nach Ablauf dieser Frist geschlachtet und eine Zählung der roten Blutkörperchen mit Hilfe des Zählapparates von Zeiß vorgenommen. Die übrigen Hechte bleiben nun 8 Tage lang in Wasser mit 0,6—0,8 ccm Sauerstoff im Liter. Auch hier erfolgt Bestimmung der Blutkörperchenzahl. Beim Vergleich der beiden erhaltenen Resultate kann jedoch keine Differenz festgestellt werden.

Auf Grund von früheren, beim Menschen angestellten Untersuchungen soll beim Übersiedeln auf einen Höhenort eine Vermehrung der roten Blutkörperchen eintreten. Nach neueren Beobachtungen jedoch handelt es sich hierbei nicht um eine absolute, sondern infolge erhöhter Verdunstung nur um eine relative Zunahme der Blutkörperchen.

Bei den folgenden Versuchen zwecks Feststellung des Einflusses der Temperatursteigerung auf die Atmung und das Allgemeinverhalten der Fische kommt gleichfalls Münchener Leitungswasser zur Verwendung, dem langsam erwärmtes Wasser zugegeben wird.

18. Versuch mit Temperaturerhöhung bei Karpfen; Gewicht 460 g.

1	2	3	4	5	6
Zeit	Temp. ° C	O_2 ccm/l	freie CO_2 mg/l	Atmungsfrequenz	Bemerkungen
8^{45}	5	7,8	5	25	Ins Versuchsbecken gebracht, Atmung gleichmäßig, regelmäßig, mäßig vertieft, ruht am Boden.
8^{50}				23	Atmung immer noch vertieft.
8^{55}	5,5			23	Atmung gleichmäßig, regelmäßig, von normaler Tiefe, Augenstellungsreflex deutlich vorhanden.
9^{20}	7			27	Ruhestellung am Boden ohne Flossenspiel.
9^{30}	8			30	Keine Veränderung.
9^{45}	9			33	Keine Veränderung.
10^{00}	10			33	Atmung etwas an Tiefe zugenommen, gleichmäßig, regelmäßig, Ruhestellung am Boden.
10^{15}	11			33	Keine Veränderung.
10^{30}	13			37	Atmung wesentlich vertieft, gleichmäßig, regelmäßig.
10^{58}	14			43	Weiterhin eine Vertiefung eingetreten.

1	2	3	4	5	6
Zeit	Temp. ° C	O_3 ccm/l	freie CO_2 mg/l	Atmungs-frequenz	Bemerkungen
11^{08}	15	6,8	7	58	Atmung gleichmäßig, regelmäßig.
11^{15}	16			68	Atmung weiterhin vertieft.
11^{25}	17			70	Dyspnoe, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig. Unruhe.
11^{35}	18			72	Macht ständig Schwimmbewegungen mit lebhaftem Flossenspiel, starke Dyspnoe, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig.
11^{45}	19			78	Wie vorher.
11^{50}	19,5			82	Unruhe, ständige Schwimmbewegung, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig.
11^{55}	20			88	Sehr starke Dyspnoe.
12^{10}	20,5			88	Dyspnoe weiterhin verstärkt, Augenstellungsreflex deutlich vorhanden.
12^{15}	21			88	Unruhe, steigt mehrmals rasch auf und ab.
12^{17}	21,5			89	Keine Veränderung.
12^{20}	22			90	Dyspnoe weiterhin verstärkt.
12^{30}	22,5			92	Ständig Ruhestellung am Boden.
12^{35}	23			100	Atmung mit großer Heftigkeit ausgeführt, unregelmäßig, ungleichmäßig.
12^{47}	24			100	Keine Veränderung.
12^{50}	24,5			100	Sehr starke Dyspnoe.
12^{55}	25			100	Große Unruhe, Fluchtbewegung, Zuckungen am ganzen Körper, Speireflex.
1^{07}	26			93	Krampfhaft ausgeführte Atembewegungen, versucht aus dem Wasser zu springen.
1^{16}	27	3,2	9		Taumelbewegungen, Seitenlage, gelingt nicht mehr das Gleichgewicht zu halten, Augenstellungsreflex erloschen, vereinzelt noch Atembewegungen zu beobachten.
1^{17}					Versuch abgebrochen und Fisch in Leitungswasser gesetzt.

Die Zahl der Atembewegungen, die ganz langsam zunimmt, erreicht bei 25° C ihren Höhepunkt. Dyspnoischer Charakter der Atmung, verbunden mit Ungleichmäßigkeit und Unregelmäßigkeit, ist von 16° C an zu beobachten. Die auftretenden Unruheerscheinungen sind durchwegs leichter Natur; erst kurz vor Abschluß der Untersuchung nehmen dieselben etwas an Intensität zu. Der Karpfen ist nach 3 Tagen noch gesund.

19. Versuch mit Temperatursteigerung bei Hecht; Gewicht 120 g.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 Atmungs-frequenz	6 Bemerkungen
8^{45}	5	7,9	5	23	Ins Versuchsbecken gebracht. Atmung oberflächlich, gleichmäßig, regelmäßig, Maul- und Kiemendeckel kaum sichtbar bewegt.
9^{00}	5			20	Ruhestellung im Wasser mit Spiel der Brust- und Rückenflossen.
9^{10}	5,5			21	Keine Veränderung.
9^{20}	7			24	Wie bisher.
9^{30}	8			26	Atmung gleichmäßig, regelmäßig.
9^{45}	9			28	Keine Veränderung.
10^{00}	10			28	Wie vorher.
10^{15}	11			28	Atmung gleichmäßig, regelmäßig.
10^{30}	13			29	Wie bisher.
10^{58}	14			32	Atmung etwas vertieft, gleichmäßig, regelmäßig.
11^{08}	15	6,8	7	38	Wie vorher.
11^{15}	16			48	An Tiefe zugenommen, Kiemendeckel werden deutlich abgehoben.
11^{25}	17			62	Dyspnoe.
11^{35}	18			63	Atmung gleichmäßig, regelmäßig.
11^{45}	19			67	Starke Dyspnoe, Ruhestellung im Wasser mit Spiel von Brust- und Rückenflossen.
11^{50}	19,5			68	Keine Veränderung.
11^{55}	20			69	Starke Dyspnoe.
12^{10}	20,5			70	Wie bisher.
12^{15}	21			70	Keine Veränderung.
12^{17}	21,5			75	Sehr starke Dyspnoe. Ruhestellung im Wasser, Augenstellungsreflex vorhanden.
12^{20}	22			75	Wie bisher.
12^{30}	22,5			76	Dyspnoe noch weiterhin verstärkt, leichte Unruhe.
12^{35}	23			78	Unruhe, Fluchtbewegung, beruhigt sich alsbald wieder.
12^{40}	23,5			78	Wie bisher.
12^{47}	24			84	Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig.
12^{55}	25			85	Große Unruhe.
1^{07}	26			84	Sehr große Unruhe, versucht aus dem Wasser zu springen, Seitenlage, richtet sich wieder empor, Atembewegung sehr ungleichmäßig, sehr unregelmäßig, sehr angestrengt.
1^{15}	27	3,4	9		Taumelbewegungen, Augenstellungsreflex erloschen, nur noch vereinzelte Atembewegungen, vermag das Gleichgewicht nicht mehr zu halten.
					Versuch abgebrochen und Fisch in Leitungswasser gesetzt.

Ein wesentlicher Unterschied gegenüber dem vorigen Versuchsergebnis besteht nicht. Die Frequenz, die gleichfalls ganz allmählich ansteigt, erreicht

mit 84 bei 26° C ihren Höhepunkt. Dyspnoe wird von 17° C an beobachtet; dieselbe erfährt gegen Ende der Untersuchung eine sehr beträchtliche Verstärkung, dabei wird insbesondere der Kiemenboden sehr weit vorgewölbt und die Kiemendeckel werden ruckweise abgehoben. Sehr heftig sind namentlich gegen Schluß die Unruheerscheinungen. Der Hecht war nach 3 Tagen noch gesund.

20. Versuch mit Temperatursteigerung bei Schleie; Gewicht 60 g.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 Atmungs-frequenz	6 Bemerkungen
8^{55}	5,5	7,6	5	19	Ins Versuchsbecken gebracht; Atmung oberflächlich, gleichmäßig, regelmäßig, Maul und Kiemendeckel kaum sichtbar bewegt.
9^{10}	5,5			16	Ruhestellung am Boden.
9^{20}	6			16	Keine Veränderung.
9^{30}	6,5			16	Wie vorher.
9^{50}	7			17	Atmung etwas vertieft.
10^{10}	8			18	Ruhestellung am Boden ohne Flossenspiel.
10^{30}	9			19	Keine Veränderung.
10^{50}	10			20	Wie vorher.
11^{05}	11			22	Atmung gleichmäßig, regelmäßig, an Tiefe etwas zugenommen, Augenstellungsreflex deutlich.
11^{20}	12			22	Wie bisher.
11^{45}	13			23	Keine Veränderung.
12^{00}	14			23	Tiefe weiterhin zugenommen.
12^{30}	15	6,9	6	27	Atmung gleichmäßig, regelmäßig, Schwimmbewegungen selten.
1^{00}	16			33	Keine Veränderung.
1^{30}	17			35	Leichte Unruhe, schwimmt mehrmals rasch hin und her, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig, weiterhin vertieft.
1^{45}	18			43	Dyspnoe, Unruhe.
2^{00}	19			45	Wie bisher.
2^{20}	20			51	Atmung weiterhin an Tiefe zugenommen, Dyspnoe, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig, Unruhe.
2^{35}	21			60	Dyspnoe.
2^{45}	22			76	Keine Veränderung.
2^{55}	23			78	Große Unruhe, steigt rasch auf und ab, lebhaftes Flossenspiel, starke Dyspnoe.
3^{07}	24			80	Ständig große Unruhe, Ruhestellung wird nur vorübergehend eingenommen.
3^{25}	25			84	Große Unruhe.
3^{40}	26			86	Taumelbewegungen, Fluchtbewegungen, Seitenlage, gewinnt vorübergehend das Gleichgewicht, Atmung sehr angestrengt, ungleichmäßig, unregelmäßig.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 Atmungs-frequenz	6 Bemerkungen
3^{50}	27	3,6	5	76	Taumelbewegungen, Seitenlage, es gelingt nicht mehr das Gleichgewicht zu gewinnen, Augenstellungsreflex erloschen, reagiert nicht mehr auf mechanischen Reiz. Versuch abgebrochen und Fisch in Leitungswasser gesetzt.

Die Atmungsfrequenz steigt sprunghaft. Gegen Schluß der Untersuchung treten sehr heftige Unruheerscheinungen auf, verbunden mit starker Dyspnoe, sowie Ungleichmäßigkeit und Unregelmäßigkeit der Atmung.

21. Versuch mit Temperatursteigerung bei Forelle; Gewicht 25 g.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 Atmungs-frequenz	6 Bemerkungen
8^{55}	5,5	8,6	5	59	Ins Versuchsbecken gebracht.
9^{10}	5,5			55	Atmung oberflächlich, Maul und Kiemendeckel kaum sichtbar bewegt.
9^{20}	6			55	Atmung gleichmäßig, regelmäßig, Ruhestellung im Wasser, lebhaftes Spiel sämtlicher Flossen.
9^{30}	6,5			54	Wie vorher.
9^{50}	7			57	Keine Veränderung.
10^{10}	8			58	Keine Veränderung.
10^{30}	9			59	Ruht am Boden, ab und zu ruhige Schwimmbewegungen machend, Atmung gleichmäßig, regelmäßig, geringgradig vertieft.
10^{50}	10			68	Atmung an Tiefe zugenommen.
11^{05}	11			75	Keine Veränderung.
11^{20}	12			76	Ruht am Boden, Atmung weiterhin vertieft, gleichmäßig, regelmäßig.
11^{45}	13			76	Wie bisher.
12^{00}	14			76	Atmung von normaler Tiefe, gleichmäßig, regelmäßig.
12^{30}	15	6,3	6	85	Leichte Unruhe, steigt rasch auf und ab, Atmung wesentlich vertieft, Dyspnoe.
1^{00}	16			100	Weiterhin an Tiefe zugenommen, Unruhe.
1^{30}	17			115	Unruhe, nimmt nur selten Ruhestellung ein.
1^{45}	18			130	Ständige Unruhe, Dyspnoe verstärkt, Atmung regelmäßig, gleichmäßig.
2^{00}	19			140	Große Unruhe, versucht aus dem Wasser zu springen. Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig, Augenstellungsreflex noch vorhanden.

1 Zeit	2 Temp. ° C	3 O_2 ccm/l	4 freie CO_2 mg/l	5 Atmungs-frequenz	6 Bemerkungen
2^{20}	20			155	Sehr starke Dyspnoe, Atmung ungleichmäßig, unregelmäßig.
2^{35}	21			163	Wie bisher, ständige Unruhe.
2^{45}	22,5			170	Große Unruhe, Dyspnoe.
3^{07}	24			170	Große Unruhe.
3^{25}	25			175	Große Unruhe, Fluchtbewegung.
3^{40}	26			185	Wie vorher.
3^{50}	27	3,6	5	192	Sehr große Unruhe, Fluchtbewegungen, Schüttelbewegungen, springt blitzartig empor, kommt in Seitenlage, Taumelbewegungen, gewinnt das Gleichgewicht nicht mehr, Augenstellungsreflex erloschen, Körperoberfläche stark verblaßt. Versuch abgebrochen und Fisch in Leitungswasser gesetzt.

Schon bei 15° C besitzt die Atmung ausgesprochen dyspnoischen Charakter, der im weiteren Verlauf der Untersuchung eine sehr bedeutende Steigerung erfährt und die Atmung wird gegen Schluß äußerst krampfhaft ausgeführt. Die Zahl der Atembewegungen, die ständig, bald in kleineren, bald in größeren Intervallen zunimmt, erreicht wenige Minuten vor Abbruch des Versuches den sehr beträchtlichen Höhepunkt von 192.

Bei den Versuchen mit Temperatursteigerung treten zunächst keine besonderen Erscheinungen zutage. Erst bei 27° C machen sich, wenigstens bei einigen Fischen, sehr starke Störungen bemerkbar. Aus dem Umstand jedoch, daß die verwendeten Fische noch nach Tagen vollständig gesund sind, dürfte wohl die Annahme berechtigt sein, daß sich die Fische an noch höhere Temperaturen zu gewöhnen vermögen, wie das auch bereits von Frenzel bei seinen diesbezüglichen Untersuchungen festgestellt wurde.

Ausgehend von der Tatsache, daß Fische in destilliertem Wasser nach einiger Zeit zugrunde gehen, lag die Frage nahe, ob und in welcher Art und Weise eine Beeinflussung der Atmungsbewegungen in diesem Medium hervorgerufen wird. Bei den hierzu angestellten Versuchen, die sich auf 3 Stunden erstreckten, konnte keinerlei Änderung sowohl bezüglich der Frequenz und des Rhythmus der Atmung, als auch des Allgemeinverhaltens festgestellt werden.

Wie durch die vorgenommenen Untersuchungen gezeigt wurde, treten bei Veränderungen des Atemmediums, die entweder durch Zugabe von Chemikalien oder Schaffung sonstiger ungünstiger biologischer Verhältnisse zustandegebracht werden, eine Reihe von Erscheinungen auf, die wenigstens in vielen Fällen die Möglichkeit bieten, einen Rückschluß auf die auslösende Ursache zu machen.

Literaturverzeichnis.

Baglioni, S., Der Atmungsmechanismus der Fische. Zeitschr. f. allgem. Phys. 7. Bd. 1907. Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. 17.

Bethe, A., Vergleichende Untersuchungen über den Einfluß des Sauerstoffs auf die Reflexerregbarkeit. Festschrift f. Rosenthal, Leipzig 1906.

Frenzel, Dr. J., Prof., Temperaturmaxima für Binnenfische. Zeitschr. f. Fischerei, 1895, III. Jahrg.

Haempel, O., Über die Giftigkeit der Schwefelsäure für Fische und Wirbellose. Zeitschrift f. Fischerei. Bd. 17, 1915.

Haselhoff, E., Wasser und Abwässer. Berlin, Leipzig 1919.

Hoffmeyer, A., Untersuchungen über normales und abnormales Fischblut. Inaugural-Dissertation. Bern 1907.

Ishihara, M., Bemerkungen über die Atmung der Fische. Zentralblatt f. Physiolog., Bd. 20, Nr. 1.

Kniper, T., Untersuchungen über die Atmung der Teleostier. Arch. f. d. ges. Phys., E. F. Pflüger, Bd. 117, 1907.

Reuß, F., Die Wirkung der Kohlensäure auf die Fische, 1909.

Schönlein, K. u. V. Willem, Beobachtungen über Blutkreislauf und Respiration bei einigen Fischen. Zeitschr. f. Biolog., Bd. 32, 1895.

Steinmann, P. u. G. Surbeck, Beiträge zur Toxikologie der Fische.

van Rynberk, G., Recherches sur la respiration des poissons. Arch. Ital. de Biol., 1906.

Winkler, Cl., Praktische Übungen in der Maßanalyse.

Westerlund, Studien über die Atembewegung der Karausche, mit besonderer Rücksicht auf den verschiedenen Gasgehalt des Atemwassers. Skandinav. Arch. f. Phys.

Weigelt, C., Vorschriften für die Entnahme und Untersuchung von Abwasser und Fischwasser, 1906.

Winterstein, H., Beiträge zur Kenntnis der Fischarten. Arch. f. d. ges. Physiol., E. F. Pflüger, Bd. 125, 1908.

Winterstein, H., Handbuch der vergl. Physiologie, Bd. I, 1912.

Lebenslauf.

Als Sohn des Gutsbesitzers Gg. Schmidt wurde ich am 12. Dezember 1892 zu Pfahlenheim geboren. Nach 4jährigem Besuch der Volksschule kam ich auf die Realschule zu Rothenburg o. T., welche Anstalt ich nach 5 Jahren verließ, um an die Oberrealschule zu Würzburg überzutreten. Das Reifezeugnis für die Hochschule erlangte ich, nachdem ich für die Dauer von 4 Jahren der genannten Anstalt angehört hatte. Im Jahre 1912 erfolgte die Immatrikulation an der damaligen Tierärztlichen Hochschule zu München. Durch Ausbruch des Krieges trat eine Unterbrechung des Studiums ein, so daß dasselbe erst wieder im Januar 1919 fortgesetzt und im November 1919 zu Ende geführt werden konnte. In der Zeit vom November 1919 bis April 1920 wurde die vorliegende Arbeit angefertigt.